

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA DE LA RED  
DE TELECOMUNICACIONES DEL SISTEMA SCADA DE SOCIEDAD  
ELÉCTRICA DEL SUR OESTE”**

**Tesis Profesional Presentada por el Bachiller:**

**FREDY JESÚS VILLANUEVA PAREDES**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Asesor de tesis:**

**MSC. RONALD COAGUILA GÓMEZ**

**Arequipa – Perú**

**2017**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>16</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>18</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>CÁPITULO I: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>1. Planteamiento teórico de la investigación .....</b>	<b>21</b>
1.1 Identificación del problema.....	21
1.2 Descripción del problema .....	21
1.3 Objetivos .....	24
1.3.1 Objetivo general.....	24
1.3.2 Objetivos Específicos .....	24
1.4 Alcances y limitaciones.....	24
1.4.1 Alcances.....	24
1.4.2 Limitaciones.....	25
1.5 Antecedentes .....	26
1.5.1 Antecedente I.....	26
1.5.2 Antecedente II.....	27
1.5.3 Antecedentes III.....	27
1.5.4 Antecedentes IV.....	28
1.5.5 Antecedente V.....	28
<b>2. Hipótesis .....</b>	<b>29</b>
2.1 Hipótesis General .....	29
2.2 Hipótesis nula.....	29
2.3 Hipótesis Alternativa.....	30
2.4 Variables .....	31
2.5 Marco metodológico .....	32
2.5.1 Definición del alcance .....	32
2.5.2 Diseño de la investigación .....	32
<b>3. Planteamiento Operacional .....</b>	<b>32</b>
3.1 Técnicas.....	32
3.2 Instrumentos .....	33
3.3 Campo de verificación .....	33
3.4 Estrategia.....	34
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>35</b>
<b>1. Estado del arte .....</b>	<b>35</b>

2.	Red de Telecomunicaciones .....	37
3.	Ethernet.....	37
4.	Redes LAN (Local Área Network).....	37
5.	Redes WAN .....	38
6.	Redes VLAN.....	39
7.	Segregar.....	39
8.	Ancho de banda .....	39
9.	Loops o bucle de enrutamiento .....	41
10.	GOOSE .....	41
11.	IEC 61850 .....	42
12.	DNP3 .....	42
13.	MODBUS.....	43
14.	IEC 60870-5-104.....	44
15.	Broadcast .....	44
16.	Relé de protección.....	45
17.	RS232 .....	45
18.	RS485 .....	46
19.	RTU (Unidad Terminal Remota) .....	47
20.	Reloj GPS.....	47
21.	Media converter .....	47
22.	Sistemas SCADA.....	48
23.	PCVue .....	48
24.	Topologías de red.....	49
25.	Gestión de redes .....	50
26.	El modelo OSI .....	51
27.	Protocolo Spanning Tree.....	58
27.1	Funcionamiento.....	59
28.	802.1Q .....	60
29.	Redundancia en Redes Convergentes .....	61
<b>CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SU SISTEMA DE NEGOCIO .....</b>		<b>62</b>
1.	La Empresa .....	62
1.1	Misión .....	62
1.2	Visión .....	63
1.3	Ubicación geográfica .....	63
<b>CAPÍTULO IV: MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>		<b>67</b>

<b>1. Medición de tiempos de latencia .....</b>	<b>67</b>
<b>2. Análisis de protocolos de red .....</b>	<b>206</b>
2.1 Analizador de protocolos .....	206
2.2 Protocolo ICMP .....	218
2.3 Protocolo ARP .....	219
2.4 Protocolo STP .....	219
2.5 Protocolo IGMP .....	219
<b>3. Análisis de paquetes de la red de relés de protección.....</b>	<b>220</b>
<b>4. Análisis de paquetes de la red de RTU de SCADA .....</b>	<b>257</b>
<b>CAPÍTULO V: DESCRIPCIÓN DE LA RED DE COMUNICACIONES ACTUAL DE SEAL Y DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA EXISTENTE.....</b>	<b>280</b>
<b>1 Sistema SCADA de SEAL.....</b>	<b>280</b>
1.1 Descripción de la infraestructura .....	280
1.2 Antecedentes del sistema SCADA.....	280
1.3 Descripción de la topología y arquitectura de red actual de la empresa .....	286
1.2.1 S.E.T ALTO CAYMA.....	286
1.2.2 S.E.T CHARCANI I .....	290
1.2.3 S.E.T CONO NORTE.....	292
1.2.4 S.E.T CHALLAPAMPA .....	295
1.2.5 S.E.T SAN LAZARO .....	299
1.2.6 S.E.T SOCOBAYA .....	301
1.2.7 PARQUE INDUSTRIAL 10KV.....	305
1.2.8 PARQUE INDUSTRIAL 33KV.....	308
1.2.9 S.E.T REPARTICION.....	311
1.2.10 S.E.T EL CRUCE .....	315
1.2.11 S.E.T MATARANI.....	318
1.2.12 S.E.T AGUA LIMA.....	321
1.2.13 S.E.T BASE ISLAY .....	325
1.2.14 S.E.T MOLLENDO .....	328
1.2.15 S.E.T MEJIA.....	331
1.2.16 S.E.T LA CURVA .....	334
1.2.17 S.E.T COCACHACRA.....	337
1.2.18 S.E.T CHUCARAPI .....	339
1.2.19 S.E.T CHILINA .....	341
1.2.20 S.E.T JESUS .....	345
1.2.21 S.E.T PORONGOCHÉ .....	347

1.2.22	S.E.T PARQUE LAMBRAMANI.....	351
1.2.23	S.E.T PAUCARPATA.....	353
1.2.24	S.E.T REAL PLAZA .....	356
1.2.25	S.E.T CHUQUIBAMBA .....	359
1.2.26	S.E.T CORIRE.....	362
1.2.27	S.E.T MAJES .....	365
1.2.28	S.E.T PIONERO .....	367
1.2.29	S.E.T BELLA UNION.....	370
1.2.30	S.E.T MARCONA .....	372
1.2.31	S.E.T CARAVELI .....	375
1.2.32	S.E.T OCOÑA .....	378
1.2.33	S.E.T CAMANA.....	382
1.2.34	S.E.T JAHUAY .....	385
1.2.35	S.E.T CALLALLI.....	388
1.2.36	S.E.T ORCOPAMPA .....	391
1.2.37	S.E.T COTAHUASI .....	393
1.2.38	S.E.T ATICO .....	395
<b>CAPITULO VI: TOPOLOGÍA DE RED DE LA UNIDAD DE LA UNIDAD DE CONTROL DE OPERACIONES .....</b>		<b>398</b>
<b>1.</b>	<b>Procedimientos de colección de información de campo .....</b>	<b>398</b>
<b>2.</b>	<b>Consideraciones de direccionamiento.....</b>	<b>408</b>
2.1	Routing.....	408
2.2	Switching.....	409
2.1.1	Switch de capa 2 .....	410
2.2.2	Switch de capa 3 .....	412
<b>CAPITULO VII: ANTECEDENTES PARA DEFINIR EL MODELAMIENTO DE RED .....</b>		<b>420</b>
<b>1.</b>	<b>Topologías de redes.....</b>	<b>420</b>
1.1	Anillo.....	420
1.2	Doble Anillo.....	420
1.3	Estrella.....	421
1.4	Malla completa.....	421
1.5	Árbol .....	421
1.6	Malla .....	422
1.7	Mixta .....	422
1.8	Bus.....	422

<b>2</b>	<b>Esquemas en una red plana y una red jerárquica.....</b>	<b>423</b>
2.1	Red Plana .....	423
2.2	Red jerárquica .....	424
<b>CAPÍTULO VIII: SIMULACIÓN Y RECREACIÓN DE LA RED PROPUESTA</b>		
.....		<b>426</b>
1.1	Propuesta 1 -Creación de VLAN .....	426
1.2	Propuesta 2 - Enrutamiento Inter-vlan “Router on stick” .....	434
1.3	Propuesta 3 - Protocolo Spanning Tree.....	440
1.4	Propuesta 4 - Configuración de la seguridad del puerto .....	457
1.4.1	Descripción general de la seguridad de puerto .....	457
1.4.2	Directrices y Restricciones de Seguridad de puerto .....	459
1.4.3	Configuración de la seguridad de puertos en una interfaz.....	460
<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>		<b>464</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>466</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>467</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>468</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>473</b>
	Configuración de los equipos principales .....	473
	Impresiones de pantalla de la simulación.....	517

### CONTENIDO DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Diagrama de Ishikawa.....	23
---------------------------------------	----

### CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Vista satelital de la sede de Sucre .....	64
Figura 2. Frontis de la sede de Sucre .....	65
Figura 3. Vista satelital de la sede Parque Industrial .....	65
Figura 4. Frontis de la sede de Parque Industrial.....	66
Figura 5. Mapa de concesión .....	66
Figura6. PingInfoView .....	67
Figura 7. Parámetros de medición .....	68
Figura 8. Arquitectura de servidores.....	282
Figura 9. Unidad de Control de Operaciones .....	285
Figura 10. Arquitectura de red de la SET Alto Cayma.....	288
Figura 11. Tablero de control SET Alto Cayma .....	289
Figura 12. Switch Port Server SET Alto Cayma .....	289
Figura 13. Arquitectura de red de la SET Charcani I .....	291
Figura 14. Tablero de control SET Charcani I.....	292

Figura 15. Arquitectura de red de la SET Cono Norte .....	294
Figura 16. Tablero de control SET Cono Norte.....	295
Figura 17. Tablero de comunicaciones SET Cono Norte .....	295
Figura 18. Arquitectura de red de la SET Challapampa .....	297
Figura 19. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET Challapampa .....	298
Figura 20. Tablero de comunicaciones de la SET Challapampa .....	298
Figura 21. Arquitectura de red de la SET San Lázaro .....	300
Figura 22. Tablero de comunicaciones SET San Lázaro.....	301
Figura 23. Arquitectura de red de la SET Socabaya.....	303
Figura 24. Tablero de control SET Socabaya .....	304
Figura 25. Tablero de medidores .....	304
Figura 26. Arquitectura de red de la SET Parque Industrial 10kV.....	306
Figura 27. RTU FOXBORO SCD5200 SET Parque Industrial 10kV.....	307
Figura 28. Reloj GPS de la SET Parque Industrial 10kV.....	307
Figura 29. Arquitectura de red de la SET Parque Industrial 33kV.....	309
Figura 30. RTU ABB 560 Parque Industrial 33kV .....	310
Figura 31. Switch de comunicación de la SET Parque Industrial 33kV.....	310
Figura 32. Arquitectura de red de la SET Repartición .....	313
Figura 33. Tablero de control de la SET Repartición .....	314
Figura 34. Tablero de comunicaciones de la SET Repartición.....	314
Figura 35. Arquitectura de red de la SET El Cruce .....	316
Figura 36. Tablero de comunicaciones de la SET El Cruce .....	317
Figura 37. RTU SEL3354 Parque Industrial .....	317
Figura 38. Arquitectura de red de la SET Matarani.....	319
Figura 39. Tablero de comunicaciones de la SET Matarani.....	320
Figura 40. Tablero de medidores de la SET Matarani .....	320
Figura 41. Arquitectura de red de la SET Agua Lima .....	323
Figura 42. Tablero de control de la SET Agua Lima.....	324
Figura 43. Tablero de comunicaciones de la SET Agua Lima .....	324
Figura 44. Arquitectura de red de la SET Base Islay.....	326
Figura 45. Tablero de control de la SET Base Islay .....	327
Figura 46. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET Base Islay.....	327
Figura 47. Arquitectura de red de la SET Mollendo.....	329
Figura 48. Tablero de control de la SET Mollendo .....	330
Figura 49. Conexionado SEL 351R.....	330
Figura 50. Arquitectura de red de la SET Mejía.....	332
Figura 51. Tablero de comunicaciones de la SET Mejía.....	333
Figura 52. Conexionado SEL 351R.....	333
Figura 53. Arquitectura de red de la SET La Curva. ....	335
Figura 54. Tablero de control de la SET La Curva.....	336
Figura 55. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET La Curva .....	336
Figura 56. Arquitectura de red de la SET Cocachacra. ....	338
Figura 57. Tablero de comunicaciones de la SET Cocachacra.....	339
Figura 58. Arquitectura de red de la SET Chucarapi.....	340
Figura 59. Conexionado del Reloj GPS.....	341
Figura 60. Arquitectura de red de la SET Chilina. ....	343
Figura 61. Tablero de control de la SET Chilina.....	344
Figura 62. Tablero de control de la SET Chilina.....	344

Figura 63. Arquitectura de red de la SET Jesús.....	346
Figura 64. Tablero de control y comunicaciones de la SET Jesús .....	347
Figura 65. Arquitectura de red de la SET Porongoche .....	349
Figura 66. Tablero de comunicaciones de la SET Porongoche .....	350
Figura 67. Relé de protección y medidor.....	350
Figura 68. Arquitectura de red de la SET Parque Lambramani.....	352
Figura 69. Tablero HMI de la SET Parque Lambramani .....	353
Figura 70. Arquitectura de red de la SET Paucarpata.....	354
Figura 71. Tablero de control y comunicaciones de la SET Paucarpata .....	356
Figura 72. Arquitectura de red de la SET Real Plaza. ....	358
Figura 73. Tablero de control y de comunicaciones de la SET Real Plaza .....	359
Figura 74. Arquitectura de red de la SET Chuquibamba.....	360
Figura 75. Tablero de control de la SET Chuquibamba .....	361
Figura 76. Tablero de comunicaciones de la SET Chuquibamba.....	361
Figura 77. Arquitectura de red de la SET Corire.....	363
Figura 78. Tablero de comunicación de la SET Corire .....	364
Figura 79. Arquitectura de red de la SET Majes. ....	366
Figura 80. Tablero de control de la SET Majes .....	367
Figura 81. Arquitectura de red de la SET Pionero.....	368
Figura 82. Tablero de medidores de la SET Pionero.....	369
Figura 83. Conexión del tablero de medidores de la SET Pionero .....	369
Figura 84. Arquitectura de red de la SET Bella Unión.....	371
Figura 85. Tablero de control y de comunicación de la SET Bella Unión .....	372
Figura 86. Arquitectura de red de la SET Marcona. ....	373
Figura 87. Tablero de control de la SET Marcona.....	374
Figura 88. Tablero de comunicaciones de la SET Marcona .....	374
Figura 89. Arquitectura de red de la SET Caraveli.....	376
Figura 90. Tablero de comunicaciones de la SET Caraveli.....	377
Figura 91. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET Caraveli.....	377
Figura 92. Arquitectura de red de la SET Ocoña.....	379
Figura 93. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET Ocoña.....	381
Figura 94. Tablero de comunicaciones de la SET Ocoña.....	381
Figura 95. Arquitectura de red de la SET Camaná.....	383
Figura 96. Tablero de comunicaciones de la SET Camaná .....	384
Figura 97. Tablero de control de la SET Camaná.....	384
Figura 98. Arquitectura de red de la SET Jahuay. ....	386
Figura 99. Tablero de comunicación de la SET Jahuay.....	387
Figura 100. Conexión ENTEC.....	387
Figura 101. Arquitectura de red de la SET Callalli .....	389
Figura 102. Tablero de control de la SET Callalli .....	390
Figura 103. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET Callalli.....	390
Figura 104. Arquitectura de red de la SET Orcopampa .....	392
Figura 105. Arquitectura de red de la SET Cotahuasi. ....	394
Figura 106. Arquitectura de red de la SET Atico. ....	396
Figura 107. Grupos electrógenos de la SET Atico .....	397
Figura 108. Controlador de grupo de grupo electrógeno.....	397
Figura 109. Cisco Packet Tracert 7.0.....	426

## CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Formato típico de datagrama .....	54
Gráfico 2. Latencias máximas RTU - 12/10/2016 .....	70
Gráfico 3. Latencias mínimas RTU - 12/10/2016 .....	70
Gráfico 4. Porcentaje de fallas RTU - 12/10/2016 .....	71
Gráfico 5. Latencias máximas RTU - 13/10/2016 .....	73
Gráfico 6. Latencias mínimas RTU 13/10/2016 .....	73
Gráfico 7. Porcentaje de fallas RTU - 13/10/2016 .....	74
Gráfico 8. Latencias máximas - 14/10/2016 .....	76
Gráfico 9. Latencias mínimas RTU - 14/10/2016 .....	77
Gráfico 10. Porcentaje de fallas RTU - 14/10/2016 .....	77
Gráfico 11. Latencias máximas RTU 17/10/2016 .....	80
Gráfico 12. Latencias mínimas RTU - 17/10/2016 .....	80
Gráfico 13. Porcentaje de fallas RTU - 17/10/2016 .....	82
Gráfico 14. Latencias máximas RTU - 18/10/2016 .....	84
Gráfico 15. Latencias mínimas 18/10/2016 .....	84
Gráfico 16. Porcentaje de fallas RTU - 18/10/2016 .....	85
Gráfico 17. Latencias máximas RTU - 19/10/2016 .....	87
Gráfico 18. Latencias mínimas RTU - 19/10/2016 .....	88
Gráfico 19. Porcentaje de fallas RTU - 19/10/2016 .....	88
Gráfico 20. Latencias máximas RTU 20/10/2016 .....	91
Gráfico 21. Latencias mínimas RTU - 20/10/2016 .....	91
Gráfico 22. Porcentaje de fallas RTU 20/10/2016 .....	92
Gráfico 23. Latencias máximas RTU 21/10/2016 .....	94
Gráfico 24. Latencias mínimas RTU 21/10/2016 .....	94
Gráfico 25. Porcentaje de fallas RTU- 21/10/2016 .....	95
Gráfico 26. Muestreo del 24/10/2016 .....	96
Gráfico 27. Latencias máximas RTU 24/10/2016 .....	97
Gráfico 28. Latencias mínimas RTU 24/10/2016 .....	97
Gráfico 29. Porcentaje de fallas RTU - 24/10/2016 .....	98
Gráfico 30. Latencias máximas RTU 25/10/2016 .....	100
Gráfico 31. Latencias mínimas RTU 25/10/2016 .....	101
Gráfico 32. Porcentaje de fallas RTU- 25/10/2016 .....	101
Gráfico 33. Latencias máximas RTU 26/10/2016 .....	104
Gráfico 34. Latencias mínimas RTU 26/10/2016 .....	104
Gráfico 35. Porcentaje de fallas RTU 26/10/2016 .....	105
Gráfico 36. Latencias máximas RTU 26/10/2016 .....	107
Gráfico 37. Latencias mínimas RTU 26/10/2016 .....	107
Gráfico 38. Porcentaje de fallas RTU 26/10/2016 .....	108
Gráfico 39. Latencias máximas RTU 27/10/2016 .....	110
Gráfico 40. Latencias mínimas RTU 27/10/2016 .....	110
Gráfico 41. Porcentaje de fallas RTU 27/10/2016 .....	111
Gráfico 42. Latencias máximas RTU 27/10/2016* .....	113
Gráfico 43. Latencias mínimas RTU 27/10/2016 * .....	113
Gráfico 44. Porcentaje de fallas RTU 27/10/2016 .....	114
Gráfico 45. Latencias máximas RTU 28/10/2016 .....	116
Gráfico 46. Latencias mínimas 28/10/2016 .....	117

Gráfico 47. Porcentaje de fallas RTU - 28/10/2016 .....	117
Gráfico 48. Latencias máximas RTU del 29 y 30 del 10/2016.....	120
Gráfico 49. Latencias mínimas del 29 y 30 del 10 /2016 .....	120
Gráfico 50. Porcentaje de fallas RTU del 29 y 30 del 10/2016 .....	121
Gráfico 51. Latencias máximas 31/10/2016 .....	123
Gráfico 52. Latencias mínimas RTU 31/10/2016 .....	123
Gráfico 53. Porcentaje de fallas RTU 31/10/2016.....	124
Gráfico 54. Latencias máximas del 03/11/2016 .....	126
Gráfico 55. Latencias mínimas RTU del 03/11/2016 .....	126
Gráfico 56. Porcentaje de fallas RTU 03/11/2016.....	127
Gráfico 57. Latencias máximas RTU 03/11/2016* .....	129
Gráfico 58. Latencias mínimas RTU 03/11/2016 .....	129
Gráfico 59. Porcentaje de fallas RTU 03/11/2016* .....	130
Gráfico 60. Latencias máximas RTU 04/11/2016 .....	132
Gráfico 61. Latencias mínimas RTU 04/11/2016.....	132
Gráfico 62. Porcentaje de fallas RTU 04/11/2016.....	133
Gráfico 63. Latencias máximas RTU 06/11/2016 .....	135
Gráfico 64. Latencias mínimas RTU 06/11/2016.....	135
Gráfico 65. Porcentaje de fallas RTU 06/11/2016.....	137
Gráfico 66. Latencias máximas RTU 07/11/2016 .....	139
Gráfico 67. Latencia mínima 07/11/2016 .....	139
Gráfico 68. Porcentaje de fallas RTU 07/11/2016.....	140
Gráfico 69. Latencias máximas RTU 07/11/2016 .....	142
Gráfico 70. Latencias mínimas RTU 07/11/2016* .....	142
Gráfico 71. Porcentaje de fallas RTU 07/11/2016.....	143
Gráfico 72. Latencias máximas RTU 08/11/2016 .....	145
Gráfico 73. Latencias mínimas RTU 08/11/2016 .....	145
Gráfico 74. Porcentaje de fallas RTU 08/11/2016.....	146
Gráfico 75. Latencias máximas RTU 08/11/2016* .....	148
Gráfico 76. Latencias mínimas RTU 08/11/2016* .....	148
Gráfico 77. Porcentaje de fallas RTU 08/11/2016* .....	149
Gráfico 78. Latencias máximas RTU 09/11/2016 .....	151
Gráfico 79. Latencias mínimas RTU 09/11/2016 .....	151
Gráfico 80. Porcentaje de fallas RTU 09/11/2016.....	152
Gráfico 81. Latencias máximas RTU 09/11/2016 .....	154
Gráfico 82. Latencias mínimas RTU 09/11/2016* .....	154
Gráfico 83. Porcentaje de fallas RTU 09/11/2016* .....	155
Gráfico 84. Latencias máximas 10/11/2016 .....	157
Gráfico 85. Latencias mínimas RTU 10/11/2016 .....	158
Gráfico 86. Porcentaje de fallas RTU 10/11/2016.....	159
Gráfico 87. Latencias máximas RTU 10/11/2016* .....	161
Gráfico 88. Latencias mínimas RTU 10/11/ 2016* .....	161
Gráfico 89. Porcentaje de fallas RTU 10/11/2016* .....	162
Gráfico 90. Latencias máximas RTU 12/11/2016 .....	164
Gráfico 91. Latencias mínimas RTU 12/11/2016.....	164
Gráfico 92. Porcentaje de fallas RTU 12/11/2016.....	165
Gráfico 93. Latencias máximas RTU 14/11/2016 .....	167
Gráfico 94. Latencias mínimas RTU 14/11/2016.....	167

Gráfico 95. Porcentaje de fallas RTU 14/11/2016.....	168
Gráfico 96. Latencias máximas RTU 14/11/2016* .....	170
Gráfico 97. Latencias mínimas RTU 14/11/2016* .....	170
Gráfico 98. Porcentaje de fallas RTU 14/11/2016* .....	171
Gráfico 99. Latencias máximas RTU 15/11/2016 .....	173
Gráfico 100. Latencias mínimas RTU 15/11/2016 .....	173
Gráfico 101. Porcentaje de fallas RTU 15/11/2016.....	174
Gráfico 102. Muestreo del 15/11/2016* .....	175
Gráfico 103. Latencias máximas RTU 15/11/2016* .....	176
Gráfico 104. Latencias mínimas RTU 15/11/2016* .....	176
Gráfico 105. Latencias máximas RTU 16/11/2016 .....	179
Gráfico 106. Latencias mínimas RTU 16/11/2016.....	179
Gráfico 107. Porcentaje de fallas RTU 16/11/2016.....	180
Gráfico 108. Latencias máximas RTU 16/11/2016* .....	182
Gráfico 109. Latencias mínimas RTU 16/11/2016* .....	182
Gráfico 110. Porcentaje de fallas RTU 16/11/2016* .....	183
Gráfico 111. Latencias máximas RTU 17/11/2016 .....	185
Gráfico 112. Latencias mínimas RTU 17/11/2016 .....	185
Gráfico 113. Porcentaje de fallas RTU 17/11/2016.....	186
Gráfico 114. Latencias máximas RTU 17/11/2016* .....	188
Gráfico 115. Latencias mínimas RTU 17/11/2016* .....	188
Gráfico 116. Porcentaje de fallas RTU 17/11/2016* .....	189
Gráfico 117. Latencias máximas RTU 18/11/2016 .....	191
Gráfico 118. Latencias mínimas RTU 18/11/2016 .....	191
Gráfico 119. Porcentaje de fallas RTU 18/11/2016.....	192
Gráfico 120. Latencias máximas RTU 21/11/2016 .....	194
Gráfico 121. Latencias mínimas RTU 21/11/2016 .....	194
Gráfico 122. Porcentaje de fallas RTU 21/11/2016.....	195
Gráfico 123. Latencias máximas RTU 21/11/2016* .....	197
Gráfico 124. Latencias mínimas RTU 21/11/2016* .....	197
Gráfico 125. Porcentaje de fallas RTU 21/11/2016* .....	198
Gráfico 126. Latencias máximas RTU 22/11/2016 .....	200
Gráfico 127. Latencias mínimas RTU 22/11/2016 .....	200
Gráfico 128. Porcentaje de fallas RTU 22/11/2016.....	201
Gráfico 129. Latencias máximas promedio RTU .....	203
Gráfico 130. Latencias mínimas promedio RTU.....	204
Gráfico 131. Porcentaje de fallas promedio RTU.....	205
Gráfico 132. Distribución de protocolos.....	218
Gráfico 133. Distribución de tamaño de paquete .....	220
Gráfico 134. Tipo de destino del fotograma .....	221
Gráfico 135. Top 10 de remitentes .....	223
Gráfico 136. Paquetes por segundo .....	224
Gráfico 137. Ancho de banda en Mbps .....	225
Gráfico 138. Ancho de banda en Mbps .....	226
Gráfico 139. Distribución de protocolos por nodos.....	227
Gráfico 140. Distribución de protocolos por nodos.....	228
Gráfico 141. Paquetes ARP .....	229
Gráfico 142. Dirección Ethernet de destino.....	230

Gráfico 143. Dirección Ethernet fuente .....	231
Gráfico 144. Protocolo ARP .....	231
Gráfico 145. Tipo de hardware .....	232
Gráfico 146. Tipo de protocolo.....	232
Gráfico 147. Tamaño del hardware .....	233
Gráfico 148. Tamaño de protocolo .....	234
Gráfico 149. Operación.....	234
Gráfico 150. Dirección de hardware de remitente .....	235
Gráfico 151. Dirección de protocolo del remitente .....	236
Gráfico 152. Dirección de hardware de destino .....	236
Gráfico 153. Dirección de protocolo de destino .....	237
Gráfico 154. Frame ICMP .....	238
Gráfico 155. Ethernet II en ICMP .....	239
Gráfico 156. Dirección Ethernet de fuente .....	240
Gráfico 157. Protocolo.....	241
Gráfico 158. Protocolo de internet versión 4 .....	242
Gráfico 159. Notificación de congestión explicita .....	243
Gráfico 160. Largo total.....	244
Gráfico 161. Identificación .....	245
Gráfico 162. Fragmentación IP.....	246
Gráfico 163. Tiempo de vida .....	247
Gráfico 164. Protocolo ICMP .....	248
Gráfico 165. Cheksum .....	249
Gráfico 166. Dirección IP de origen .....	250
Gráfico 167. Dirección IP de destino.....	251
Gráfico 168. Tipo de mensaje ICMP .....	252
Gráfico 169. Código .....	253
Gráfico 170. Chek sum ICMP .....	254
Gráfico 171. Identificador.....	255
Gráfico 172. Número de secuencia.....	256
Gráfico 173. Dato .....	257
Gráfico 174. Distribución de tamaños de paquetes de la red RTU.....	260
Gráfico 175. Distribución de tipo de paquete de la red RTU. ....	261
Gráfico 176. Distribución de protocolos de la red RTU.....	262
Gráfico 177. Top 10 de remitentes .....	263
Gráfico 178. Top 10 receptores .....	264
Gráfico 179. Ancho de banda en Mbps .....	265
Gráfico 180. Ancho de banda en Bps .....	266
Gráfico 181. Datagramas por segundo .....	267
Gráfico 182. Datagramas por segundo .....	267
Gráfico 183. Parámetros del datagrama TCP .....	269
Gráfico 184. Dirección Ethernet de destino en TCP. ....	270
Gráfico 185. Dirección Ethernet fuente en TCP .....	271
Gráfico 186. Protocolo IPv4 .....	272
Gráfico 187. Protocolo de internet versión 4 en TCP.....	273
Gráfico 188. Dato TCP .....	274
Gráfico 189. Análisis Wireshark de la red SCADA .....	275
Gráfico 190. Estadística jerárquica de protocolos. ....	276

Gráfico 191. Propiedades del archivo de captura.....	277
Gráfico 192. Paquetes por segundo Servidores SCADA.....	278
Gráfico 193. Ancho de banda de la red SCADA.....	279
Gráfico 194. Topología de conexión física de nodos. ....	398
Gráfico 195. Rutas activas del servidor primario SCADA.....	402
Gráfico 196. Identificación de redes y configuración de interfaces Gateway. ....	403
Gráfico 197. Intercambio de señales.....	407
Gráfico 198. Hardware del sistema SCADA de SEAL. ....	407
Gráfico 199. Dominios de broadcast .....	410
Gráfico 200. Configuración L2.....	415
Gráfico 201. Interfaces L3 Firewall.....	416
Gráfico 202. Interfaces L3 Firewall.....	418
Gráfico 203. Topologías de red básicas.....	423
Gráfico 204. Red plana .....	424
Gráfico 205. Red jerárquica.....	425
Gráfico 206. Simulación lógica de la red de telecomunicaciones del sistema SCADA de SEAL. ....	427
Gráfico 207. Simulación física de la red de telecomunicaciones del sistema SCADA de SEAL a nivel de la región Arequipa.....	428
Gráfico 208. Simulación física de la red de telecomunicaciones de sistema SCADA de SEAL a nivel de la ciudad de Arequipa.....	429
Gráfico 209. Configuración VLAN .....	433
Gráfico 210. Tabla de seguridad de puerto.....	461
Gráfico 211. Verificación de la seguridad de un puerto específico.....	462
Gráfico 212. Verificación de la seguridad de puerto mediante la tabla de direcciones MAC .....	463
Gráfico 213. Prueba de comunicación RTU Parque Industrial .....	517
Gráfico 214. Prueba de comunicación Relé 7SJ82 Transformador de potencia 1.....	518
Gráfico 215. Paquete de datos entre KOREXI y TIC Parque Industrial .....	518
Gráfico 216. Características de los datagramas enviados.....	519

### CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de variables e indicadores.....	31
Tabla 2. Modelo OSI .....	51
Tabla 3. Muestreo del 12/10/2016 .....	69
Tabla 4. Muestreo del 13/10/2016 .....	72
Tabla 5. Muestreo de 14/10/2016 .....	75
Tabla 6. Muestreo del 17/10/2016 .....	79
Tabla 7. Muestreo del 18/10/2016 .....	83
Tabla 8. Muestreo del 19/10/2016 .....	86
Tabla 9. Muestreo del 20/10/2016 .....	90
Tabla 10. Muestreo del 21/10/2016 .....	93
Tabla 11. Muestreo del 25/10/2016 .....	99
Tabla 12. Muestreo del 26/10/2016 .....	103
Tabla 13. Muestreo del 26/10/2016 .....	106
Tabla 14. Muestreo del 27/10/2016 .....	109
Tabla 15. Muestreo del 27/10/2016 * .....	112

Tabla 16. Muestreo del 28/10/2016 .....	115
Tabla 17. Muestreo del 29 y 30 del 10/2016 .....	119
Tabla 18. Muestreo del 31/10/2016 .....	122
Tabla 19. Muestreo del 03/11/2016 .....	125
Tabla 20. Muestreo del 03/11/2016 * .....	128
Tabla 21. Muestreo del 04/11/2016 .....	131
Tabla 22. Muestreo del 06/11/2016 .....	134
Tabla 23. Muestreo del 07/11/2016 .....	138
Tabla 24. Muestreo 07/11/2016* .....	141
Tabla 25. Muestreo 08/11/2016 .....	144
Tabla 26. Muestreo del 08/11/2016* .....	147
Tabla 27. Muestreo del 09/11/2016 .....	150
Tabla 28. Muestreo del 09/11/2016* .....	153
Tabla 29. Muestreo del 10/11/2016 .....	156
Tabla 30. Muestreo del 10/11/2016* .....	160
Tabla 31. Muestreo del 12/11/2016 .....	163
Tabla 32. Muestreo del 14/11/2016 .....	166
Tabla 33. Muestreo del 14/11/2016* .....	169
Tabla 34. Muestreo del 15/11/2016 .....	172
Tabla 35. Muestreo del 16/11/2016 .....	178
Tabla 36. Muestreo 16/11/2016* .....	181
Tabla 37. Muestreo del 17/11/2016 .....	184
Tabla 38. Muestreo del 17/11/2016* .....	187
Tabla 39. Muestreo del 18/11/2016 .....	190
Tabla 40. Muestreo del 21/11/2016 .....	193
Tabla 41. Muestreo del 21/11/2016* .....	196
Tabla 42. Muestreo del 22/11/2016 .....	199
Tabla 43. Muestreo promedio .....	202
Tabla 44. Relación de direcciones IP de los relés de protección .....	207
Tabla 45. Relación de direcciones IP de las RTU .....	257
Tabla 46. Relación de RTU .....	283
Tabla 47. Equipos y dispositivos de la infraestructura de red SCADA/ICCP.....	399
Tabla 48. Direccionamiento de IP .....	400
Tabla 49. Interfaces de servidores SCADA/ICCP .....	404
Tabla 50. VLAN Simuladas.....	429
Tabla 51. Distribucion STP para la VLAN 20.....	448
Tabla 52. Distribucion STP para la VLAN 25.....	453



*A mis padres, que con su ejemplo contribuyeron a mi formación como persona,*

*a la memoria de mis abuelos Amelia, Fortunata y Jesús*

*a mis hermanos por su incondicional apoyo*

*y a mis amigos de centro de control.*

## RESUMEN

Las redes de comunicación de los sistemas SCADA hace mucho tiempo que dejaron de ser planas, la escalabilidad y convergencia se convirtieron en factores importantes al momento de diseñarlas.

La redundancia, cuya función principal es asegurar la continua comunicación entre servidores, hoy en día dejó de ser una sugerencia en las redes de sistemas SCADA y pasó a ser normado, obligando de alguna manera su implementación. Este factor, en términos de redes y teleprocesos es sinónimo de bucle o loops de enrutamiento, sin embargo, estos inconvenientes son solucionables mediante la aplicación de protocolos en específico.

Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A, cuenta con equipos que poseen la tecnología para evitar o mitigar dichos fenómenos en su red, sin embargo, no se encuentran activados por conocer exactamente cuál sería la reacción de la red ante su levantamiento.

La red de telecomunicaciones del sistema SCADA viene padeciendo pérdidas de comunicación relacionadas básicamente a este fenómeno, lo cual entorpece la operación y recolección de datos perjudicando la disponibilidad y confiabilidad del sistema.

El objetivo principal de la presente tesis es analizar y evaluar el estado actual de la red operativa, así como simular y proponer nuevas alternativas correctivas como es el caso de la activación del protocolo Spanning Tree y la seguridad de puertos, los cuales teóricamente asegurarán la comunicación entre los principales elementos implicados ante fallas eventuales, así como mejorará notoriamente la seguridad electrónica ante posibles amenazas externas.

**Palabras clave:** Simulación, topología de red, protocolos de comunicación, tormenta de broadcast, VLAN, enrutamiento Inter-VLAN, protocolo spanning tree, seguridad de

puertos, bucles de enrutamiento, arquitectura de red, latencia, porcentaje de falla, configuración de sub-interfaces, ancho de banda.



## ABSTRACT

The communication networks of SCADA systems have long ceased to be flat, scalability and convergence became important factors when designing them.

Redundancy, whose main function is to ensure the continuous communication between servers, today is no longer a suggestion in the networks of SCADA systems and step to be regulated, somehow obliging its implementation. This factor, in terms of networks and teleprocesses is synonymous with loop or loop routing; however, these drawbacks are solvable by applying specific protocols.

Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A has equipment that has the technology to avoid or mitigate these phenomena in its network, however they are not activated because they know exactly what the reaction of the network to their survey.

The telecommunications network of the SCADA system is suffering from communication losses related basically to this phenomenon, which hinders the operation and collection of data, damaging the availability and reliability of the system.

The main objective of this thesis is to analyze and evaluate the current state of the operational network, as well as to simulate and propose new corrective alternatives such as the activation of the Spanning Tree protocol and port security, which theoretically ensure communication Between the main elements involved before possible failures, as well as improves electronic security in the face of potential external threats.

**Keywords:** Simulation, network topology, communication protocols, broadcast storm, VLAN, Inter-VLAN routing, spanning tree protocol, port security, routing loops, network architecture, latency, failure rate, sub-interface configuration, bandwidth.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) se han convertido en un elemento fundamental en los procesos industriales modernos, los cuales han evolucionado tecnológicamente de manera notable en los últimos 15 años.

La confiabilidad y la disponibilidad de dichos sistemas, han mejorado notoriamente los procesos productivos, optimizando los parámetros relacionados a estos.

El sector eléctrico, al pertenecer al sector económico secundario, no es ajeno a este tipo de servicio. Tanto en sus distintas modalidades de negocio, transmisión y distribución, requieren tener sistemas de monitoreo y control a distancia de todos los componentes activos con el objetivo de poder lograr una óptima gestión de los mismos.

Para poder lograr el control total, es necesario tener adecuados sistemas de comunicación, que entrelacen el sistema central con todos los equipos de campo.

Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A. está tipificada por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, RS N° 205-2013-OS/CD, como una empresa de tipo 2 o de densidad urbana media, lo cual la considera como una de las más importantes del país, y debido al crecimiento anual, tanto en proyectos como en población, requiere un centro de control mejor comunicado.

La red de comunicaciones del centro de control de operaciones, viene presentando problemas de conectividad con los equipos de campo, debido a muchos factores, pero en especial a que dicha red se encuentra enlazada con la red comercial corporativa.

En la presente investigación se buscará realizar un diagnóstico del sistema SCADA y sus componentes electrónicos de campo, evaluar las condiciones sub estándar y proponer mejoras para elevar la confiabilidad y disponibilidad en base a elevar las restricciones de comunicación.

La inversión en un sistema alternativo o independiente se hace necesaria, no solamente por recomendación técnica, sino por seguridad, confiabilidad y estabilidad informática, por ende, se plantearán una serie de recomendaciones que sean factiblemente aplicables.



## CÁPITULO I: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### 1. Planteamiento teórico de la investigación

#### 1.1 Identificación del problema

Inestabilidad de la red de telecomunicaciones del sistema SCADA de Sociedad Eléctrica del sur Oeste S.A.

#### 1.2 Descripción del problema

La red de telecomunicaciones del centro de control de operaciones de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, viene presentando problemas de conectividad con los equipos de campo, debido a muchos factores, pero en especial a que dicha red se encuentra enlazada con la red comercial corporativa.

Esto ocasiona que cuando hay problemas en la red comercial de la empresa, esta afecte de forma parcial y/o total a la red de comunicaciones de centro de control de operaciones y viceversa.

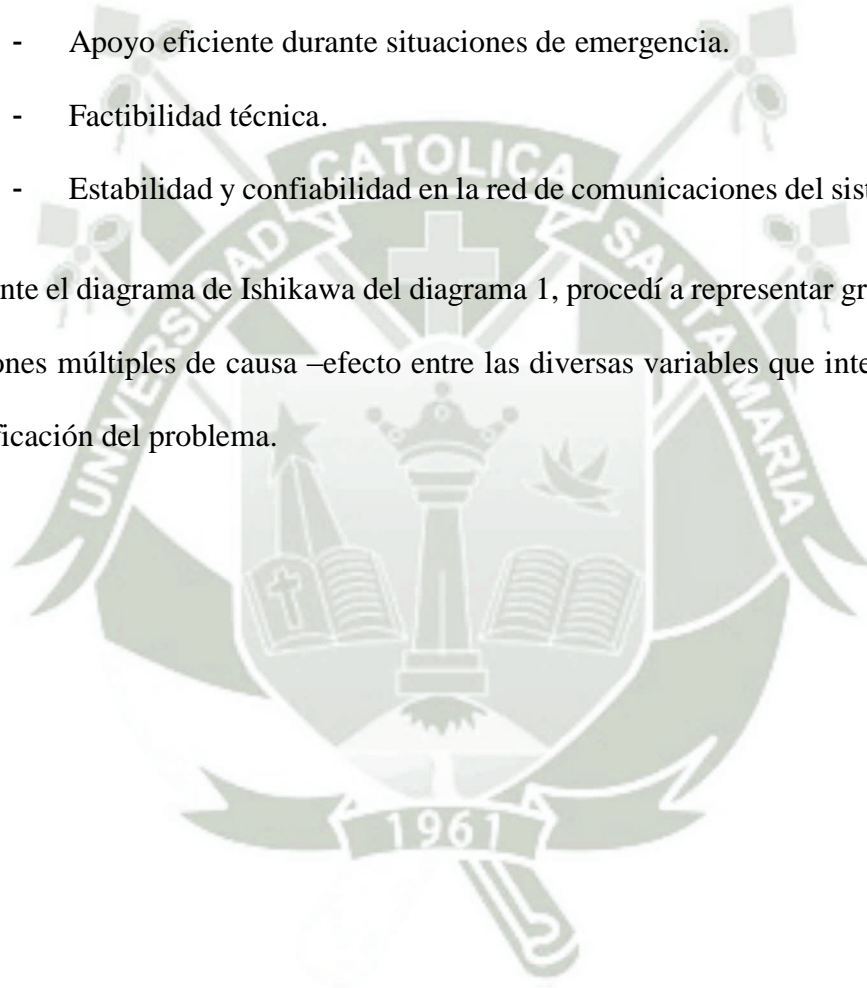
Por ende, la recepción de datos (tensiones, corrientes, potencias, alarmas) y el accionamiento de mandos a distancia durante maniobras programadas y emergencias se vean afectados, entorpeciendo los procedimientos de operación y poniendo en riesgo la seguridad informática del sistema, incumpliendo la normatividad técnica de calidad de energía y las metas establecidas, además de poner en riesgo la integridad física del personal operativo que participan en dichas maniobras en campo.

Este problema hace prever la urgente necesidad de planificar sistemas eficientes de apoyo o la carestía de contar con sistemas independientes de comunicación.

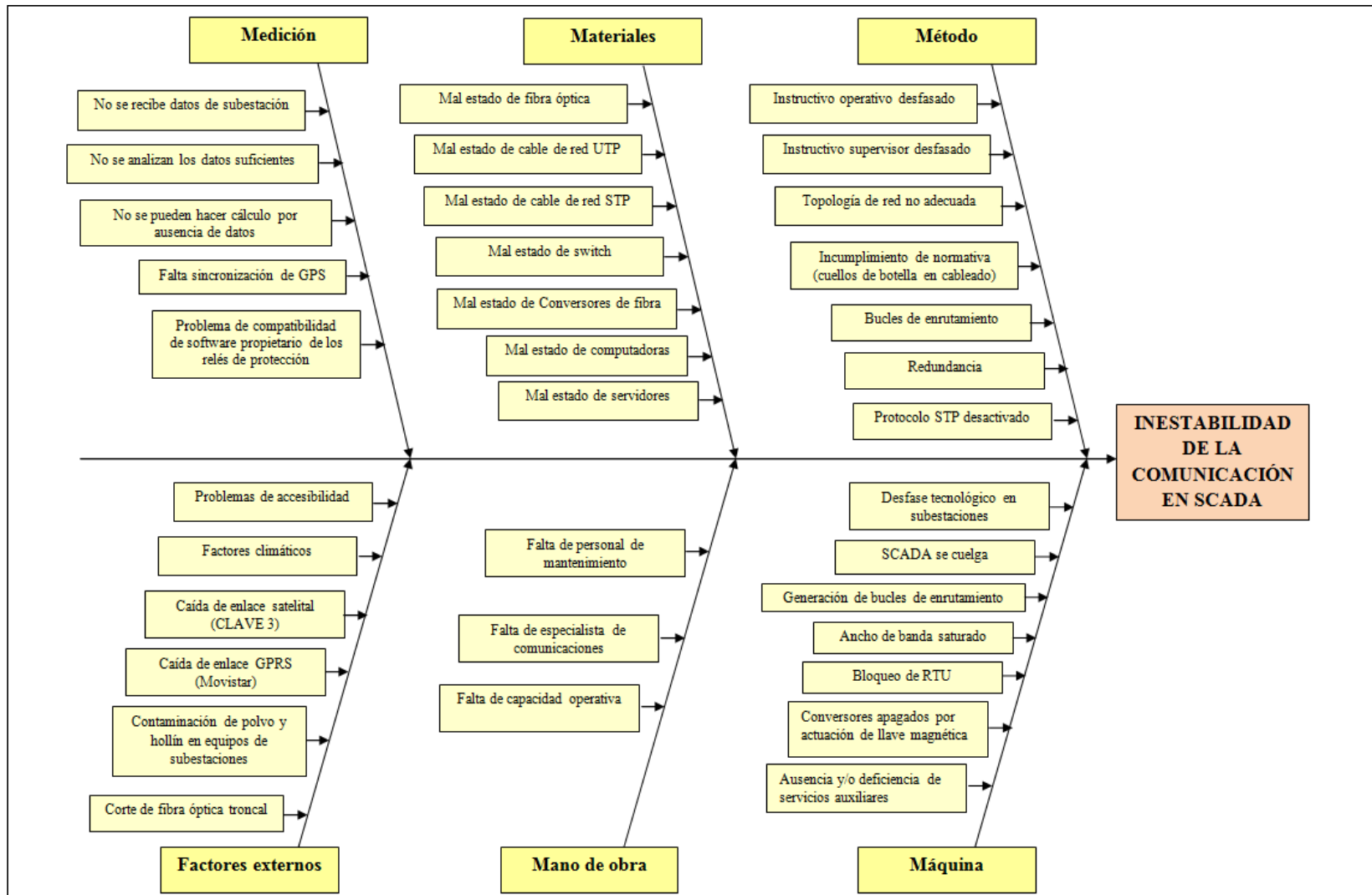
En tal sentido, es indispensable que centro de control cuente con un sistema integral y autónomo de telecomunicaciones, cuyo dimensionamiento y diseños requeridos, así como los volúmenes de información a gestionar permitan:

- Inmediata operación de los sistemas eléctricos de la concesión.
- Rápida toma de decisiones de los directivos de la empresa.
- Apoyo eficiente durante situaciones de emergencia.
- Factibilidad técnica.
- Estabilidad y confiabilidad en la red de comunicaciones del sistema SCADA.

Mediante el diagrama de Ishikawa del diagrama 1, procedí a representar gráficamente las relaciones múltiples de causa –efecto entre las diversas variables que intervienen en la identificación del problema.



**Diagrama 1: Diagrama de Ishikawa**



Fuente: Elaboración propia.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una evaluación y diagnóstico del sistema actual de telecomunicaciones del SCADA de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, y presentar nuevas alternativas de enrutamiento para los canales de comunicación, cubriendo las 37 subestaciones de la concesión a fin de mejorar los indicadores de conectividad y estabilidad del sistema.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a. Realizar un análisis detallado del estado actual de la red LAN de comunicaciones del sistema SCADA, para la determinación in situ, de infraestructura, equipos de comunicación, RTU y relés de protección.
- b. Modelar mediante simulador topologías de red adecuadas para una adecuada transmisión de datos utilizando el protocolo de comunicación de capa de enlace de datos STP (Spanning Tree Protocol) de la red del sistema SCADA con la finalidad de modelar y formular futuros proyectos de integración que garanticen estabilidad y escalabilidad del sistema.
- c. Modelar mediante simulador un sistema de control de acceso mediante la implementación de sistemas de seguridad de puertos en los switches principales, garantizando así la inviolabilidad de la red operativa de agentes externos.

### 1.4 Alcances y limitaciones

#### 1.4.1 Alcances

- Realicé prácticas profesionales en la Unidad de Centro de Control de Operaciones de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, participando

directamente en la operación y edición del sistema SCADA, así como en trabajos de campo.

- El área de centro de control de operaciones de Sociedad Eléctrica de Sur Oeste se comprometió a brindar todo el apoyo necesario para el normal desarrollo de este estudio.
- Actualmente la Unidad de Centro de Control de Operaciones cuenta con equipos de última tecnología totalmente digitales, así como equipos tecnológicamente desfasados, (relés de protección, Switches de comunicación, equipos de cómputo que integrados adecuadamente permitirán dar solución a los problemas de comunicación del SCADA.
- Por recomendación de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, se modelará la aplicación del protocolo Spanning Tree mediante un simulador para analizar previamente el comportamiento y posibles efectos que se den en la red, sin comprometer el actual funcionamiento.
- Por recomendación de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, se simulará un sistema de control de acceso a los switches principales, garantizando altos niveles de seguridad informática.
- Los modelos de red propuestos permitirán que la adquisición de datos y maniobras de operación más confiables y seguras facilitando proyectos de integración futuros.

#### **1.4.2 Limitaciones**

- No se cuenta con un simulador de protocolos eléctricos e industriales, por lo que la simulación se dará netamente sobre protocolos de red LAN sobre

TCP/IPv4 hasta las Unidades Terminales Remotas y hasta los relés de protección que soporten dicho protocolo.

- No se tiene acceso a toda la información de la empresa, puesto que la política de la empresa prohíbe cierto acceso a información restringida.
- El acceso a la red corporativa de la empresa está gestionado por la Unidad de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) que pertenece a la Gerencia de Planeamiento, por ende, las redes que se encuentran fuera de la red de operaciones no se encuentran al alcance de la Gerencia de Operaciones, no es posible estudiarlas a profundidad, puesto que me limitare a estudiar la red de operaciones propiamente dicha.

## **1.5 Antecedentes**

### **1.5.1 Antecedente I**

**Título:** “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo inalámbrico orientado a la adquisición y supervisión de parámetros eléctricos de una subestación eléctrica con Lobbies”

**Autor:** Cano Gordillo, Carlo Alonso

**Lugar y fecha:** Arequipa - 2004

**Objetivo:** Diseñar e implementar un sistema de monitoreo y procesamiento con el cual se pueda medir y concentrar los diferentes parámetros eléctricos de una Subestación Eléctrica, para su transmisión inalámbrica a un centro de control remoto o de control. (Cano Gordillo, 2004)

### 1.5.2 Antecedente II

**Título:** “Diseño de un sistema de comunicaciones integral para voz, datos y video, adquirir, supervisar, monitorear y controlar variables eléctricas a distancia en las subestaciones eléctricas de Majes, Corire y Chuquibamba (sistema SCADA) de la empresa Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A (SEAL) Arequipa”

**Autor:** Apaza Condori, David

**Lugar y fecha:** Arequipa – 2008

**Objetivo:** Desarrollar la ingeniería en detalle de un sistema de comunicaciones integral basado en paquetes IP, que permita la concepción de nuevos canales de comunicación, para ampliar la cobertura del actual sistema de comunicaciones de la empresa SEAL, lo que permitir integrar las subestaciones eléctricas de Majes, Corire y Chuquibamba al centro de control SCADA ubicado en la ciudad de Arequipa. (Apaza Condori, 2008)

### 1.5.3 Antecedentes III

**Título:** “Diseño del enlace de comunicaciones entre la central térmica de Chilca y la subestación eléctrica de San Juan”

**Autor:** Horna von Ehren, Eduardo

**Lugar y Fecha:** Lima – Perú -2011

**Objetivos:** Diseñar un enlace de comunicaciones entre la Subestación Eléctrica de San Juan y la Central Térmica de Chilca, localizadas en el departamento de Lima. El enlace de comunicaciones entre la Central Térmica de Chilca y la Subestación Eléctrica de San Juan debe cumplir con los requerimientos estipulados en las normas:

ITU-R, ITU-T, EIA/TIA, EN55022 y EN50082. Brindar un equipamiento del enlace de comunicaciones que cumpla satisfactoriamente todos los requerimientos previstos en el estudio de impacto ambiental. Garantizar la coordinación de la operación de la Central Térmica de Chilca desde la Subestación Eléctrica de San Juan y el COES-SINAC (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional), con un alto grado de seguridad y calidad del abastecimiento de energía eléctrica y el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos. (Horna von Ehren, 2011)

#### **1.5.4 Antecedentes IV**

**Título:** “Diseño de una red de telemetría para el complejo hidroeléctrico del Mantaro”

**Autor:** Jáuregui Hernández, Ademir

**Lugar y Fecha:** Lima – Perú -2011

**Objetivos:** Esta tesis tiene por objetivo el diseño de una Red de Telecomunicaciones que brinde Calidad de Servicio para interconectar Estaciones de gran importancia en el sector de generación de energía eléctrica, como son las Estaciones de lagunas reguladas, Estaciones Hidrometeorológicas y la Estación de Control. Se hará un previo análisis del número de posibles estaciones a ser interconectadas de acuerdo a la ubicación geográfica y posibilidades de acceso a la tecnología en tales lugares, y un diseño de red en base a algún software para simulación de radioenlaces, para casos necesarios. (Jáuregui Hernández, 2011)

#### **1.5.5 Antecedente V**

**Título:** “Desarrollo de una propuesta de red de datos interinstitucional para el manejo y distribución de información recibida en una estación terrena.”

**Autor:** Tejada Malpica, Cristian Roberto

**Lugar y Fecha:** México D.F México -2014

**Objetivos:** El objetivo General del trabajo es plantear el proceso de una forma de desarrollo de una red de datos para una estación terrena, así como describir el establecimiento de las necesidades de equipamiento que optimice el manejo y distribución de información a través de un enlace satelital obtenida, la estación terrena recibirá la información desde un satélite y requiere la extracción de su contenido mediante el uso de equipos especializados que permiten su recepción y distribución de datos relevantes hacia los diferentes institutos y organizaciones que integran a la red.

Se considera que el uso de los equipos idóneos para conformar la estructura de la red facilitará el envío de información desde y hacia la nube de internet, la cual hoy en día permite una comunicación de bajo costo y mayor calidad, logrando la transmisión de grandes cantidades de información.(Malpica, 2014)

## **2. Hipótesis**

### **2.1 Hipótesis General**

“Es posible que la optimización de la red operativa de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, mejore significativamente los indicadores de estabilidad del sistema SCADA”.

### **2.2 Hipótesis nula**

“Es posible que la optimización de la red operativa de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, no mejore significativamente estabilidad del sistema SCADA”.

### 2.3 Hipótesis Alternativa

“Es posible que las propuestas presentadas no sean técnicamente viables, pero mejoren significativamente los indicadores de estabilidad del sistema SCADA”



## 2.4 Variables

**Tabla 1** Tabla de variables e indicadores

Hipótesis	Variables	Indicadores
<p>“Es posible que la optimización de la red operativa de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, mejore significativamente los indicadores de estabilidad del sistema SCADA”.</p>	<p><b>Independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tormentas de broadcast.</li> <li>- Bucles de enrutamiento.</li> <li>- Inactividad del protocolo Spanning Tree.</li> <li>- Redundancia.</li> </ul>	<p>Interrupciones de enlace (<i>N: cantidad de interrupciones de enlace</i>)</p> <p>Latencia (<i>segundos</i>).</p> <p>Ancho de banda(<i>Mbps</i>).</p> <p>Materiales: Router (<i>unidades</i>).</p> <p>Switches (<i>unidades</i>).</p> <p>RTU(<i>unidades</i>).</p> <p>Convertidores ópticos (<i>unidades</i>).</p> <p>Fibra Óptica(<i>metros</i>).</p> <p>Cable UTP y STP(<i>metros</i>).</p> <p>Simulador(<i>unidad</i>).</p>
	<p><b>Dependiente</b></p> <p>Inestabilidad del sistema SCADA de SEAL.</p>	

**Fuente:** Elaboración propia

## **2.5 Marco metodológico**

El marco metodológico comprende los siguientes aspectos:

### **2.5.1 Definición del alcance**

El nivel de investigación es explicativa longitudinal ya que busca identificar los problemas en la red de telecomunicación del sistema SCADA, además analiza la información en diferentes intervalos de tiempo. Por lo tanto, se encuentra dirigido en encontrar las limitaciones en el proceso de comunicación y explicar porque ocurren estos problemas y en qué condiciones se presentan.

### **2.5.2 Diseño de la investigación**

La investigación se dio a nivel de campo y documental, ya que se obtuvo y analizó datos provenientes de fuentes primarias (observaciones directas de campo) y fuentes secundarias (base de datos del sistema SCADA, manuales del sistema SCADA, manuales de operación y supervisión de SEAL) además de la utilización de un simulador para pruebas fuera de línea.

## **3. Planteamiento Operacional**

### **3.1 Técnicas**

Dirigido al factor humano interviniente, procesos de control, sistemas y métodos de supervisión de la comunicación del sistema SCADA de SEAL.

#### **Información Primaria:**

- Observación del comportamiento de la red.
- Toma de tiempos, latencia e interrupciones.

- Levantamiento de información in situ de condiciones actuales de los equipos de campo y arquitecturas de red.
- Participación del personal operativo y administrativo involucrado en el proceso.
- Indicadores de estabilidad del sistema.

#### **Información Secundaria:**

- Evaluación de procesos en base a la observación directa.
- Análisis del ancho de banda de la red.
- Análisis de datos de la latencia del sistema.
- Análisis de interrupciones de comunicación.

#### **3.2 Instrumentos**

- Registro de información
- Diagramas de operaciones
- Normatividad COES-SINAC
- Microsoft Office 2013
- PCVue 11.1
- Cisco Packet Tracer 7.0
- Equipos de medición eléctrica y electrónica.
- Analizadores de red WIRESHARK y DICE

#### **3.3 Campo de verificación**

Centro de control de Operaciones de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste y las 37 subestaciones de transmisión de la concesión. Se considera tres niveles de operación:

- Nivel 3: SCADA.
- Nivel 2: HMI RTU o tablero de comunicación.
- Nivel 1: Celda del interruptor o tablero de operación.
- Nivel 0: Patio de llaves.

La verificación de las arquitecturas de comunicación se realiza entre el nivel 1 y el nivel 3, bajo los permisos correspondientes y estrictas medidas de seguridad desde donde se extraen básicamente señales de medición como son tensiones, corrientes, potencias y señales de mando de apertura y cierre a distancia.

En el nivel 0 se extraen señales propias del transformador de potencia como son: temperatura de operación posición del TAP, arranque de ventiladores e información propia del interruptor de potencia, sin embargo, debido al nivel de peligrosidad, el acceso a esta área se restringe a solamente operación manual y emergencias.

### **3.4 Estrategia**

- Estudio de marco teórico.
- Análisis de factibilidad técnica.
- Búsqueda de fuentes de información secundaria y establecimiento de fuentes de información primaria.
- Toma de datos y análisis de información.
- Formulación y simulación de mejoras y análisis de resultados.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 1. Estado del arte

En la actualidad existe una gran inclinación a las redes LAN Virtuales o VLAN dejando de lado el típico concepto de red plana creando redes lógicas independientes dentro de una misma red física, aumentando significativamente el tráfico de red, segmentando redes de acuerdo al nivel de aplicación utilizando la misma cantidad de equipos que con una red plana o inclusive menos.

El diseño inicial de Ethernet no permitía escalabilidad en nuestra red, es decir que al aumentar su tamaño disminuían ineludiblemente sus prestaciones o el costo de esta se hacía inasequible. Una red tolerante a fallos y con alto nivel de disponibilidad requiere necesariamente utilizar topologías redundantes, es decir enlaces múltiples entre switches y equipos redundantes, por ende, ante un posible fallo y/o corte del enlace, es posible recuperar rápida y automáticamente el servicio. Ante este tipo de diseño redundante se hace necesaria la habilitación del protocolo Spanning Tree (STP) para poder asegurar que el flujo de información se dé por un solo camino lógico y evitar así las conocidas tormentas broadcast que generan bucles de enrutamiento convirtiendo a los switches centrales en cuellos de botella debido a que por ellos pasa la mayor parte del tráfico de datos.

Las VLAN alivianan esta sobrecarga al añadir una etiqueta a las tramas Ethernet con la que se diferencia el tráfico de datos, cada una de ellas tendrá su propio protocolo Spanning Tree asignando así los distintos puertos en cada switch a cada una de las VLAN. La red de telecomunicaciones del sistema SCADA y el proceso que en ella se dan no tienen la misma prioridad de una red LAN convencional puesto que los hosts que este

tipo de redes alberga realizan operaciones de mayor trascendencia por lo que su funcionalidad debe ser óptima.

Tener protegidos los puertos de los switches más importantes en cada subestación resulta de vital importancia ante posibles incursiones no autorizadas en la red.

### **¿Para qué habilitar el Protocolo Spanning Tree y comunicarse en capa 3 en una red SCADA?**

La respuesta es simple, porque los tiempos de re conexión ante cortes de comunicación deben ser inmediatos y porque la comunicación a nivel de capa de red imposibilita que los bucles de enrutamiento de acumulen y colapsen la red debido a la existencia de un router y finalmente porque las condiciones de operatividad de un sistema eléctrico interconectado así lo exigen, las pérdidas de comunicación parciales y totales, repercuten dramáticamente durante la operación manual del sistema, por ejemplo, perder la comunicación con una subestación durante la presentación de un evento de falla imposibilita al operador actuar, analizar la falla, y reponer el servicio dentro de los plazos permitidos por norma técnica, lo que repercute en multas y amonestaciones económicas para la empresa, casos más dramáticos se dan durante una maniobra de emergencia, en la cual el operador se ve imposibilitado de realizar maniobras en nivel 3, recurriendo en alguno caso al nivel 0, poniendo en riesgo su integridad física del personal de turno.

### **¿Por qué es necesario habilitar la seguridad de puerto en los switches principales?**

Básicamente, porque la incursión más probable de agentes externos a nuestra red se da directamente a una interface desocupada generalmente por personal de otras áreas de la empresa o por contratistas que realizan trabajos en las subestaciones de transformación esto hace que involuntariamente se conecten a la red operativa generando conflictos de

direcciones IP o más aun tormentas de broadcast que inevitablemente colapsan la VLAN relacionada a puerto vulnerado.

## **2. Red de Telecomunicaciones**

Se entiende por red de telecomunicación al conjunto de medios, tecnologías, protocolos y facilidades en general, necesarios para el intercambio de información entre los usuarios de la red. (Figueiras, 2002)

## **3. Ethernet**

Es un estándar de redes de área local para computadores. Ethernet se planteó en un principio como un protocolo destinado a cubrir las necesidades de las redes de área local (LAN), ahora se ha situado en una buena posición para extenderse al nivel WAN. Está basado en el acceso al medio por detección de onda portadora y con detección de colisiones (CSMA/CD). Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI. Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3, siendo usualmente tomados como sinónimos. Se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Sin embargo, las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red. (Wikipedia, Wikipedia, 2016)

## **4. Redes LAN (Local Área Network)**

Una red de área local (LAN/Local Área Network) es un sistema de comunicaciones constituido por un hardware (cableado, terminales, servidores, etc.), y un software (acceso al medio, gestión de recursos, intercomunicación, ele.) que se distribuyen por una

extensión limitada (planta, edificio, grupo de edificios) en el que existen una serie de recursos compatibles (discos, impresoras, bases de datos, etc.). A los que tienen acceso los usuarios para compartir información de trabajo.

Según el Comité IEEE 802, una LAN se distingue de otros tipos de redes de datos en que las comunicaciones se restringen a un área geográfica limitada, y en que pueden depender de un canal físico de comunicaciones con una velocidad binaria alta y que presentan una reducida tasa de errores.

Las características más importantes que definen a las LAN, además del área que abarca, son las siguientes:

- La velocidad de transmisión de los datos dentro de una red local es elevada (varía desde 10 Mbit/s hasta 10 Gbit/s).
  - La tasa de error de transmisión de los bits es despreciable (del orden de 1 bit erróneo por cada 100 millones de bits transmitidos).
  - La gestión de una LAN, una vez instalada, y la de los recursos informáticos conectados corresponde hacerla a su propietario o contratarla a un tercero.
- (Moya, 2008)

## 5. Redes WAN

Las redes de área extensa o WAN cubren enormes distancias y permiten la comunicación de usuarios que se sitúan a kilómetros de distancia. Están constituidas por la conexión de las redes locales y metropolitanas a redes troncales de muy alta capacidad que forman lo que se denomina un Backbone (literalmente, columna vertebral).

Actualmente, la red de área extensa operativa es Internet. (Mouteira, 2006)

## 6. Redes VLAN

Una VLAN (Virtual Local Área Network) o red virtual es un grupo flexible de dispositivos que se encuentran en cualquier sitio de una red de computadores pero que se comunican como si estuvieran en el mismo segmento físico. Con las VLAN se puede segmentar la red sin restringirse a las conexiones físicas.

Las ventajas que nos pueden aportar las VLAN son, entre otras:

- Proporcionan una segmentación de la red flexible (escalabilidad).
- Es muy fácil cambiar y mover dispositivos en la red (mejor gestión de recursos)
- Facilidad de encontrar y aislar averías
- Proporcionan seguridad extra (los dispositivos sólo pueden comunicarse directamente con otros dispositivos que están en la misma VLAN)
- Control de tráfico de broadcast
- Separación de protocolos (García, 2010)

## 7. Segregar

Separar una cosa de otra de la que forma parte para que siga existiendo con independencia. (RALE, 2006)

## 8. Ancho de banda

El concepto de ancho de banda es uno de los más importantes y actuales en el campo de las telecomunicaciones.

El ancho de banda de un canal está directamente relacionado con la cantidad de información que puede pasar a través de él. En términos matemáticos, su valor indica cuantas armónicas del desarrollo en Serie de

Fourier de la señal que se desea transmitir pueden pasar con una atenuación razonable; valor que por razones de orden práctico hemos fijado en -3 dB.

La capacidad de información de un sistema de telecomunicaciones hace referencia a la cantidad de información generada en la fuente que puede pasar al sumidero por unidad de tiempo. Precisamente la capacidad de información de un sistema de telecomunicaciones está dada por el ancho de banda disponible en el canal. (Lechtaler, 2006)

En términos informáticos, el ancho de banda es básicamente la cantidad de información que puede fluir a través de una conexión de red en un periodo dado, y es un factor importante, debido a las siguientes características:

- El ancho de banda se encuentra limitado por razones físicas y tecnológicas
- El ancho de banda no es gratuito
- Los requisitos de ancho de banda aumentan a gran velocidad
- El ancho de banda es fundamental para el desempeño de la red

El ancho de banda se mide en bits por segundo con sus respectivas variantes de unidades el cual llega a los Terabits por segundo.

El ancho de banda se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$T = \frac{S}{BW} \qquad T = \frac{S}{P}$$

Mejor descarga

Descarga típica

Dónde:

- BW: Máximo ancho de banda teórico del “enlace más lento” entre el host de origen y el de destino (bps)
- P: Tasa de transferencia real en el momento de la transferencia (bps)

- T: Tiempo en el que se debe producir la transferencia de archivos (segundos)
- S: Tamaño del archivo en bits

## 9. Loops o bucle de enrutamiento

Es una condición en la que un paquete se transmite continuamente dentro de una serie de routers sin que nunca alcance la red de destino deseada. Un loop de enrutamiento puede producir las siguientes condiciones:

- El ancho de banda del enlace se utilizará para el tráfico que se transmita de un sitio a otro entre los routers de un loop.
- La CPU de un router estará exigida debido a los paquetes con loops.
- La CPU de un router se cargará con el reenvío inútil de paquetes, lo que afectará negativamente la convergencia de la red.
- Las actualizaciones de enrutamiento pueden perderse o no ser procesadas de manera oportuna. Estas condiciones podrían originar otros loops de enrutamiento, lo que empeoraría aún más la situación.
- Los paquetes pueden perderse en "agujeros negros".( Redes 2)

## 10. GOOSE

Generic Object Oriented Substation Events (GOOSE) es un modelo de control que se define según la norma IEC 61850, que proporciona un mecanismo rápido y fiable de transferencia de datos de eventos a través de redes enteras de la subestación. (Hernán Arturo Santana)

## 11. IEC 61850

IEC-61850 es el estándar más importante actualmente y muy probablemente por muchos años. Define el modelado de los datos desde el IED hasta la subestación, optimiza las comunicaciones para una transferencia eficiente y fiable de los datos y comandos de procesos entre y dentro de los IED y de la subestación sobre redes de comunicación de alta velocidad. (Group, Teoria de Protocolos)

## 12. DNP3

DNP fue creado originalmente por Westronic, Inc. (ahora GE Harris) en 1990. En 1993, el set de documentos de especificación del protocolo "DNP 3.0 Basic 4" cobró dominio público. La propiedad del protocolo fue entregada al recientemente formado DNP Users Group en octubre de ese año. Desde entonces, el protocolo ha ganado aceptación mundial, incluyendo la formación de grupos de usuarios en China, América latina, y Australia. En enero de 1995, fue formado el DNP Technical Committe para estudiar mejoras y recomendarlas para su aprobación al Users Group general. Una de las tareas más importantes de este cuerpo era publicar el documento DNP Subset Definitions, que establece los estándares para las puestas en marcha de DNP 3.0. DNP 3.0 es un protocolo para sistemas SCADA moderno, abierto, inteligente, robusto y eficiente. Entre otras cosas, puede:

- Solicitar y responder con múltiples tipos de datos en un solo mensaje.
- Segmentar mensajes en múltiples frames para asegurar excelente detección y recuperación de errores.
- Incluir en una sola respuesta datos cambiados.

- Asignar prioridad a los ítems de datos y solicitarlos periódicamente basado en su prioridad.
- Responder sin solicitud previa.
- Utilizar sincronización de tiempo y con un formato estándar.
- Permitir múltiples operaciones punto a punto y al máster.
- Permitir objetos definibles por el usuario incluyendo transferencia de archivos.

(Group, Teoria de Protocolos)

### 13. MODBUS

El protocolo MODBUS define una estructura de mensajes que puede ser reconocida por diferentes dispositivos independientemente del tipo de red de comunicaciones utilizada.

El protocolo describe el proceso para acceder a información de un dispositivo, cómo debe responder éste, y como se notifican las situaciones de error. El protocolo MODBUS define una red digital de comunicaciones con un solo master y uno o más dispositivos slave.

El modo de transmisión es la estructura de las unidades de información contenidas en un mensaje. El protocolo MODBUS define dos modos de transmisión: ASCII (American Standard Code for Information Interchange) y RTU (Remote Terminal Unit). En una red de dispositivos conectados mediante el protocolo MODBUS no se pueden compartir dispositivos utilizando diferentes modos de transmisión. (Group, Teoria de Protocolos)

#### **14. IEC 60870-5-104**

IEC 60870-5-104 (también conocido como IEC 870-5-104) es un estándar internacional, liberado en el año 2000 por el IEC (International Electrotechnical Commission) y basado en la norma IEC 60870 -5-101.

IEC 60870-5-104 habilita la comunicación entre una estación de control y una subestación eléctrica a través de una red estándar TCP/IP. El protocolo TCP es usado para conexiones orientadas a la transmisión segura de datos.

IEC 60870-5-104 limita los tipos de información y parámetros de configuración definidos en la norma IEC 60870-5-101, lo cual significa que no todas las funciones definidas en IEC 60870-5-101 están soportadas en el IEC 60870-5-104. Por ejemplo, en IEC 60870-5-104 no se soportan las estampas de tiempo cortas (formato de 3 bytes).

La principal ventaja de IEC 60870-5-104 es que establece comunicación a través de una red estándar, lo cual permite la transmisión simultánea entre diferentes dispositivos o servicios.

El protocolo IEC 60870-5-104 es muy usado por sistemas SCADAS, a nivel de Subestación y de Centros de Control, los cuales disponen del driver IEC 60870-5-104 Cliente para comunicarse con equipos Gateway o RTU que contienen el protocolo IEC 60870-5-104 Server. (Group, Teoría de Protocolos)

#### **15. Broadcast**

En Informática, la difusión amplia, difusión ancha o broadcast, es una forma de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de

nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo. (Wikipedia)

## **16. Relé de protección**

Los Sistemas de Protección se utilizan en los sistemas eléctricos de potencia para evitar la destrucción de equipos o instalaciones por causa de una falla que podría iniciarse de manera simple y después extenderse sin control en forma encadenada. Los sistemas de protección deben aislar la parte donde se ha producido la falla buscando perturbar lo menos posible la red, limitar el daño al equipo fallado, minimizar la posibilidad de un incendio, minimizar el peligro para las personas, minimizar el riesgo de daños de equipos eléctricos adyacentes. (DEMSA)

## **17. RS232**

Esta norma fue diseñada para comunicación punto a punto, en donde se tiene una computadora (en la norma RS232 se le denomina DTE, Data Terminal Equipment) que se encuentra transmitiendo hacia un equipo esclavo (en la norma conocido como DCE, Data Communications Equipment) ubicado a distancias no mayores a 15 metros (aunque en la práctica alcanza distancias de hasta 50 metros) y a una velocidad máxima de 19,200 bps. Este tipo de transmisión se le conoce como "single ended" porque usa en el cable un solo retorno (GND). Es un modo de transmisión muy simple, pero también vulnerable al ruido aditivo en la línea y por esa razón es empleada para comunicación a distancias cortas.

En general, en la transmisión RS232, las cadenas de datos son caracteres ASCII, los cuales incluyen los códigos de letras, números y signos de puntuación, además de caracteres especiales. Se trata de un estándar orientado a la transmisión de texto. (Flotante)

## **18. RS485**

Es un estándar de comunicaciones en bus de la capa física del Modelo OSI. Está definido como un sistema de bus diferencial multipunto, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbit/s hasta 10 metros y 100 kbit/s en 1200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que el par trenzado reduce los ruidos que se inducen en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par trenzado (aunque existe una topología muy poco común de dos pares trenzados) que admite 32, 128 o 256 estaciones en 1 solo par, con una longitud máxima de 1200 metros operando entre 300 y 19 200 bit/s y la comunicación half-duplex (semiduplex) dependiendo del consumo de cada driver. La transmisión diferencial permite alcanzar mayor distancia con una notable inmunidad al ruido, siempre que el bus de comunicación conserve las características de bus balanceado dando la posibilidad de una configuración multipunto.

Todos los dispositivos RS485 poseen drivers "tristate" que permiten a las RTU desconectarse de la línea una vez que transmitieron su información. Normalmente, para este fin se usa un circuito temporizador automático habilitado por el flanco ascendente de la señal de transmisión. El temporizador habilita el circuito transmisor durante el tiempo que dura el mensaje y lo deshabilita al terminar éste.

Es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbit/s hasta 10 metros y 100 kbit/s en 1200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que el par trenzado reduce los ruidos que se inducen en la línea de transmisión.

Entre las aplicaciones típicas de la norma RS485, se encuentran los sistemas de control de acceso, los sistemas distribuidos de control industrial y los sistemas de seguridad casera. En todos estos casos, varias RTU reportan su información hacia una computadora central o bien reciben comandos de la misma. (Flotante)

### **19. RTU (Unidad Terminal Remota)**

Es un dispositivo IDE basado en microprocesadores, el cual permite obtener señales independientes de los procesos y enviar la información a un sitio remoto donde se procese. Generalmente este sitio remoto es una sala de control donde se encuentra un sistema central SCADA el cual permite visualizar las variables enviadas. (Informatica para principiantes, 2016)

### **20. Reloj GPS**

Este dispositivo se encargará de sincronizar la hora y fecha de todos los dispositivos instalados en la subestación de distribución eléctrica mediante un puerto IRIG-B tanto en el relé de protección como en el switch de comunicaciones, esta información es importante al momento de realizar informes de eventos programados o de emergencias.

### **21. Media converter**

Este dispositivo se encargará de convertir la señal óptica de la RTU en señal eléctrica y transmitirla al switch de comunicación principal.

## 22. Sistemas SCADA

SCADA viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Adquisition", es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

En este tipo de sistemas usualmente existe un ordenador, que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que se necesite, se denomina en general sistema SCADA. (Automatas.org)

## 23. PCVue

Es un software basado en un sistema SCADA de la empresa francesa ARC Informatique. La primera versión del software apareció en 1984 cuyo nombre fue PCVue DOS, actualmente se encuentra y distribuye como parte de la gama de productos PCVue Solutions en todo el mundo.

Como cualquier SCADA, tiene por función principal gestionar los procesos industriales con interfaz gráfica.

Tiene la capacidad de leer protocolos de comunicación como DNP3, IEC 104, IEC 101, los cuales son los más usados en el mercado industrial y últimamente en el ámbito eléctrico.

Presenta herramientas de visualización para operación, gestión y alarmas, la cual se encuentra instalada en un servidor en el centro de control, también posee una interfaz web para su supervisión a través de internet, sin embargo, esa opción casi siempre esta deshabilitada por temas protocolares y de seguridad.

Existen también con los módulos de HDS (Datos Históricos Server) para la grabación y recuperación de datos históricos en / desde diversos sistemas de bases de datos (MS SQL Server, MS Access, ODBC, etc.), las interfaces para el intercambio de datos con sistemas de nivel superior (Web Services y OPC) y una clasificación basada en la funcionalidad de red para WINNET complejo multi-usuario y arquitecturas cliente / servidor.

#### **24. Topologías de red**

Hasta el momento se han presentado los diferentes conceptos fundamentales de los sistemas de telecomunicación y las redes. Se han identificado los elementos de un sistema de comunicación y sus funciones, se ha presentado el concepto de red introduciendo sus particularidades a tener en cuenta, los medios de transmisión utilizados y su modelo conceptual.

En la práctica, las redes son grandes máquinas que se extienden por espacios que van desde los pocos metros hasta las decenas de miles de kilómetros. Por tanto, conviene

detenerse un momento sobre lo que esto supone, desde el punto de vista de la forma que puede adoptar una red. Se habla por tanto de topologías de red y se puede definir como la configuración o forma que adoptan las interconexiones entre los equipos.

Antes de describir las topologías más comunes, es conveniente aclarar que se puede hablar de topología física y topología lógica. Una cosa es como estén conectados y dispuestos los equipos desde un punto de vista físico y visual y otra cosa es como "entiendan" esos equipos que están conectados entre sí a un nivel lógico. Por esta razón puede ocurrir que los ordenadores de una red estén enlazados con un cable formando una estrella y sin embargo se comuniquen entre ellos a través de un bus que pudiera estar localizado en uno de los equipos. (Heredero, 2004)

Para el día de hoy, existen al menos siete posibles topologías de red básicas: Anillo, doble anillo, estrella, malla completa, árbol, malla mixta y bus.

## **25. Gestión de redes**

La gestión de redes se clasifica como el conjunto de actividades dedicadas al control y supervisión de recursos de telecomunicaciones para poder garantizar un nivel de servicio óptimo, optimizando recursos. La gestión incluye varios factores, entre los que podemos mencionar está el despliegue, la integración y coordinación de hardware, software y los elementos humanos de monitorización, en efecto, es esencial probar, sondear, configurar, evaluar, analizar y controlar los recursos de la red en tiempo real, desempeño operacional y calidad de servicio buscando un equilibrio técnico –económico adecuado.

## 26. El modelo OSI

El modelo OSI, cuyas siglas significan “modelo de interconexión de sistemas abiertos”, especifica el protocolo que ha de usarse en cada capa, por ende, es el modelo de referencia y la principal herramienta en la comprensión de la comunicación de datos.

El modelo se basa en una normatividad estandarizada debido a la gran variedad tecnologías y fabricantes relacionados al mundo de las telecomunicaciones.

De este modo, sin importar el lenguaje utilizado ni la ubicación geográfica, todos los protocolos deben atenerse a normas mínimas para poder comunicarse entre sí.

Su importancia es evidente cuando hablamos de la red de redes, Internet.

La distribución jerárquica se define en la tabla 2, como se muestra a continuación:

**Tabla 2. Modelo OSI**

Nivel	Capa
7	Aplicación
6	Presentación
5	Sesión
4	Transporte
3	Red
2	Enlace de datos
1	Física

**Fuente: Elaboración propia**

El modelo OSI está dividido en siete capas o niveles.

**a. Nivel Físico**

Se trata de la primera capa del modelo OSI, su función es encargarse de la topología de red y de las conexiones físicas que tiene la computadora con respecto a la red.

Dentro de sus principales funciones podemos mencionar:

- Definir el medio físico por donde se dará comunicación: par de cobre, coaxial, aire, guías de onda y fibra óptica.
- Definir características de los materiales
- La capa física se encarga de comunicar de forma directa con el medio de comunicación, su función principal es enviar y recibir bits.
- Define el valor de tensión nominal para un bit 0 y 1.
- El tiempo de duración para la transmisión de un bit
- Define la direccionalidad del flujo de información.

**b. Enlace de datos**

La capa de enlace de datos es la responsable de del intercambio de datos entre un host cualquiera, y la red a la que está conectado. Permitiendo una correcta comunicación entre las capas superiores (Red, Transporte y Aplicación) y el medio físico de transporte de datos. Su principal objetivo es la de proveer una comunicación segura entre dos nodos pertenecientes a una misma red o subred, para ello se encarga de la notificación de errores, de la topología de la red y el control del flujo en la transmisión de las tramas.

Si ambos nodos pertenecen a la misma red/subred (comunicación punto a punto) esta capa se encarga de que los datos se envíen con seguridad a través del medio físico y sin errores en la transmisión. Por este motivo podemos afirmar que la Capa de Enlace de Datos es la encargada de la transmisión y direccionamiento de datos entre host situados en la misma red/subred, mientras que la capa de Red (Internet) es la encargada de la transmisión y direccionamiento de datos entre host situados en redes diferentes.

Una vez que los datos procedentes de las capas superiores son empaquetados en datagramas en la capa de red, son transferidos a la capa de enlace para su transmisión al medio físico, para que estos datos se puedan enviar de forma correcta hasta el destinatario de los mismos hay que darles un formato adecuado para su transmisión por los medios físicos, incluyéndoles además algún mecanismo de identificación de ambos host (emisor y receptor) para que la transferencia quede perfectamente identificada. Esto lo consigue la Capa de Enlace de Datos disponiendo los datagramas en forma de tramas.

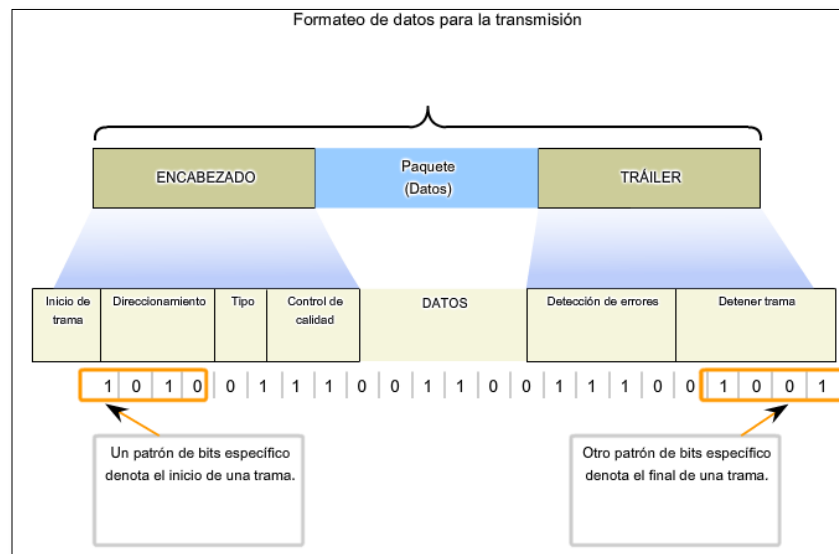
Cada trama contiene una cabecera y un final que permiten:

- Detectar el principio y el final de la trama (sincronismo)
- Identificar el destinatario
- Detectar y corregir errores
- La cabecera y el final además incluyen información de:
  - El tipo de protocolo y enlace
  - El método de sincronización

- Redundancia de los datos

En general la trama tiene una forma como la que sigue:(ComDatosGrupo4, s.f.)

**Gráfico 1. Formato típico de datagrama**



**Fuente: Elaboración propia**

### c. Capa de red

La capa de red, o la capa 3 de OSI, proporciona servicios que permiten que los dispositivos finales intercambien datos a través de la red. Para lograr este transporte de extremo a extremo, la capa de red utiliza cuatro procesos básicos:

**c.1 Direccionamiento de dispositivos finales:** de la misma manera en que un teléfono tiene un número telefónico único, los dispositivos finales deben configurarse con una dirección IP única para su

identificación en la red. Un dispositivo final con una dirección IP configurada se denomina “host”.

**c.2 Encapsulación:** la capa de red recibe una unidad de datos del protocolo (PDU) de la capa de transporte. En un proceso denominado “encapsulación”, la capa de red agrega la información del encabezado IP, como la dirección IP de los hosts de origen (emisor) y de destino (receptor). Una vez que se agrega la información de encabezado a la PDU, esta se denomina “paquete”.

Enrutamiento: la capa de red proporciona servicios para dirigir los paquetes a un host de destino en otra red. Para que el paquete se transfiera a otras redes, lo debe procesar un router. La función del router es seleccionar las rutas para los paquetes y dirigirlos hacia el host de destino en un proceso conocido como “enrutamiento”. Un paquete puede cruzar muchos dispositivos intermediarios antes de llegar al host de destino. Cada ruta que toma el paquete para llegar al host de destino se denomina “salto”.

**c.3 Desencapsulación:** cuando un paquete llega a la capa de red del host de destino, el host revisa el encabezado IP del paquete. Si la dirección IP de destino en el encabezado coincide con su propia dirección IP, se elimina el encabezado IP del paquete. Este proceso de eliminación de encabezados de las capas inferiores se conoce como “desencapsulación”. Una vez que la capa de red desencapsula el

paquete, la PDU de capa 4 que se obtiene como resultado se transfiere al servicio correspondiente en la capa de transporte.

A diferencia de la capa de transporte (capa 4 de OSI), que administra el transporte de datos entre los procesos que se ejecutan en cada host, los protocolos de la capa de red especifican la estructura y el procesamiento de paquete que se utilizan para transportar los datos desde un host hasta otro. Operar sin tener en cuenta los datos transportados en cada paquete permite que la capa de red transporte paquetes para diversos tipos de comunicaciones entre varios hosts.(UAGRO, s.f.)

#### **d. Capa de Transporte**

La capa de transporte TCP/IP garantiza que los paquetes lleguen en secuencia y sin errores, al intercambiar la confirmación de la recepción de los datos y retransmitir los paquetes perdidos. Este tipo de comunicación se conoce como transmisión de punto a punto. Los protocolos de capa de transporte de este nivel son el Protocolo de control de transmisión (TCP), el Protocolo de datagramas de usuario (UDP) y el Protocolo de transmisión para el control de flujo (SCTP). Los protocolos TCP y SCTP proporcionan un servicio completo y fiable. UDP proporciona un servicio de datagrama poco fiable.(Oracle, s.f.)

#### **e. Capa de sesión**

Como su nombre lo implica, la capa de sesión establece, administra y finaliza las sesiones entre dos hosts que se están comunicando. La capa

de sesión proporciona sus servicios a la capa de presentación. También sincroniza el diálogo entre las capas de presentación de los dos hosts y administra su intercambio de datos. Además de regular la sesión, la capa de sesión ofrece disposiciones para una eficiente transferencia de datos, clase de servicio y un registro de excepciones acerca de los problemas de la capa de sesión, presentación y aplicación. Si desea recordar la Capa 5 en la menor cantidad de palabras posible, piense en diálogos y conversaciones.(UNICEN, s.f.)

**f. Capa de presentación.**

Proporciona sus servicios a la capa de aplicación, garantizando que la información que envía la capa de aplicación de un sistema pueda ser entendida y utilizada, estableciendo un dialogo.

Su tarea principal es aislar a las capas inferiores de formato de los datos de las aplicaciones específicas, transformando los formatos particulares de (ASCII, EBCDIC) en un formato de red, entendible por todos los sistemas y listos para ser enviados por la red.

Es también la responsable de obtener y liberar la conexión de sesión cuando existen varias alternativas disponibles.(Moreno, s.f.)

**g. Capa de aplicación.**

La capa de aplicación define las aplicaciones de red y los servicios de Internet estándar que puede utilizar un usuario. Estos servicios utilizan la capa de transporte para enviar y recibir datos. Existen varios protocolos de capa de aplicación. En la lista siguiente se incluyen ejemplos de protocolos de capa de aplicación:

- Servicios TCP/IP estándar como los comandos FTP, TFTP y telnet.
- Comandos UNIX "r", como rlogin o rsh.
- Servicios de nombres, como NIS o el sistema de nombre de dominio (DNS).
- Servicios de directorio (LDAP).
- Servicios de archivos, como el servicio NFS.
- Protocolo simple de administración de red (SNMP), que permite administrar la red.
- Protocolo RDISC (Router Discovery Server) y protocolos RIP (Routing Information Protocol).(Oracle, Guía de administración del sistema: servicios IP, s.f.)

## 27. Protocolo Spanning Tree

Este protocolo asegura que exista solo una ruta lógica entre todos los destinos de la red, al realizar un bloqueo de forma intencional a aquellas rutas redundantes que puedan ocasionar un bucle. Un puerto se considera bloqueado cuando el tráfico de la red no puede ingresar ni salir del puerto.

STP utiliza el algoritmo de Spanning Tree (STA) para determinar los puertos del switch de la red que deben de configurarse para el bloqueo a fin de evitar que se generen bucles. El STA designa un único switch como raíz y lo utiliza como punto referencia para todos los cálculos de rutas.

La BPDU (Bridge Protocol Data Units ) es la trama de mensaje que se intercambia entre los switches en STP. Cada BPDU contiene un BID que identifica al switch que envió la BPDU. El BID (Bridge IDentifier) contiene un valor de prioridad, la dirección MAC del switch emisor y un ID de sistema extendido opcional.

Debemos tener en cuenta que el número prioridad por defecto en el BID es 32768, este número puede ser modificado mediante comandos de interfaz de línea.

Si existen 2 switches con el mismo número de prioridad la dirección MAC será la que determinará quién será la raíz con la dirección MAC baja.

Para asignar a un switch distribuidor que este sea la raíz, a este se le debe de asignar la VLAN más baja al número de prioridad.

### **27.1 Funcionamiento**

El protocolo establece identificadores por puente y elige el que tiene la prioridad más alta (el número más bajo de prioridad numérica), como el puente raíz (Root Bridge). Este puente raíz establecerá el camino de menor coste para todas las redes; cada puerto tiene un parámetro configurable: el Span path cost. Después, entre todos los puentes que conectan un segmento de red, se elige un puente designado, el de menor coste (en el caso que haya el mismo coste en dos puentes, se elige el que tenga el menor identificador "dirección MAC"), para transmitir las tramas hacia la raíz. En este puente designado, el puerto que conecta con el segmento, es el puerto designado y el que ofrece un camino de menor coste hacia la raíz, el puerto raíz. Todos los demás puertos y caminos son bloqueados, esto es en un estado ya estacionario de funcionamiento.

Los estados en los que puede estar un puerto son los siguientes:

- **Bloqueo:** En este estado se pueden recibir BPDU's pero no las enviará. Las tramas de datos se descartan y no se actualizan las tablas de direcciones MAC (mac-address-table). Los switch comienzan en este estado ya que si realizan envíos (forwarding) podrían estar generando un loop o bucle.
- **Escucha:** A este estado se llega desde *Bloqueo*. En este estado, los switches determinan si existe alguna otra ruta hacia el puente raíz. En el caso que la nueva ruta tenga un coste mayor, se vuelve al estado de Bloqueo. Las tramas de datos se descartan y no se actualiza la tabla de direcciones MAC (mac-address-table). Se procesan las BPDU.
- **Aprendizaje:** A este estado se llega desde *Escucha*. Las tramas de datos se descartan, pero ya se actualizan las tablas de direcciones MAC (aquí es donde se aprenden por primera vez). Se procesan las BPDU.
- **Envío:** A este estado se llega desde *Aprendizaje*, en este estado el puerto puede enviar y recibir datos. Las tramas de datos se envían y se actualizan las tablas de direcciones MAC (mac-address-table). Se procesan las BPDU.
- **Desactivado:** A este estado se llega desde cualquier otro. Se produce cuando un administrador deshabilita el puerto o éste falla. No se procesan las BPDU.  
(ciscocna3.blogspot.pe, s.f.)

## 28. 802.1Q

El protocolo IEEE802.1Q, también conocido como dot1Q, fue un proyecto del grupo de trabajo 802 de la IEEE para desarrollar un mecanismo que permita a múltiples

redes compartir de forma transparente el mismo medio físico, sin problemas de interferencia entre ellas (trunking) o enlace troncal. Es también el nombre actual del estándar establecido en este proyecto y se usa para definir el protocolo de encapsulamiento usado para implementar este mecanismo en redes Ethernet. Todos los dispositivos de interconexión que soportan VLAN deben seguir la norma IEEE802.1Q que especifica con detalle el funcionamiento y administración de redes virtuales.

802.1Q en realidad no encapsula la trama original, sino que añade 4 bytes al encabezado Ethernet original. El valor del campo EtherType se cambia a 0x8100 para señalar el cambio en el formato de la trama. (Wikipedia, IEEE 802.1Q, s.f.)

## **29. Redundancia en Redes Convergentes**

La redundancia de Capa 2 mejora la disponibilidad de la red con la implementación de rutas de red alternas mediante el agregado de equipos y cables.

La interrupción de una sola ruta no genera impacto en la conectividad de los dispositivos en la red.

Cuando existen varias rutas entre dos dispositivos en la red y STP se ha deshabilitado en los switches, puede generarse un bucle de Capa 2.

Las tramas de Ethernet no poseen un tiempo de vida (TTL, Time To Live) como los paquetes IP.

Las tramas de broadcast se envían a todos los puertos de switch, excepto el puerto de origen. Esto asegura que todos los dispositivos del dominio de broadcast puedan recibir la trama. Si existe más de una ruta para enviar la trama, se puede generar un bucle sin fin.

Una tormenta de broadcast se produce cuando existen tantas tramas de broadcast atrapadas en un bucle de Capa 2.

En consecuencia, no existe ancho de banda disponible para el tráfico legítimo y la red queda no disponible para la comunicación de datos.(Coello, s.f.)

### **CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SU SISTEMA DE NEGOCIO**

#### **1. La Empresa**

Sociedad Eléctrica del Sur Oeste SEAL S.A es una empresa de distribución de energía eléctrica estatal de derecho privado de la Corporación FONAFE, constituida como Sociedad Anónima el 18 de marzo de 1905, cambiando de razón social a Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A. (SEAL S.A.) el 05 de agosto de 1983. Su objeto es realizar todas las actividades relacionadas con el servicio público de electricidad en su zona de concesión, comprendida por la Región de Arequipa.

La empresa principalmente distribuye y comercializa energía eléctrica, además realiza actividades de generación en sistemas aislados ubicados en las zonas de Camaná y Corire.

La empresa cuenta con un sistema SCADA para el control y gestión remota de las subestaciones de distribución de la concesión. (FONAFE).

#### **1.1 Misión**

“Consolidarnos como un modelo de empresa eficiente, moderna y responsable, brindando un servicio de calidad con alternativas energéticas que contribuyan al desarrollo de la sociedad.” (SEAL S.A)

## 1.2 Visión

"Satisfacer las necesidades de energía de nuestros clientes con innovación tecnológica y mejora continua; con el permanente compromiso de aprovechar las sinergias corporativas, buscar la superación de nuestros colaboradores y generar valor para empresas y personas vinculadas con nuestros servicios, respetando el medio ambiente y contribuyendo al desarrollo sostenible de la comunidad y del país."

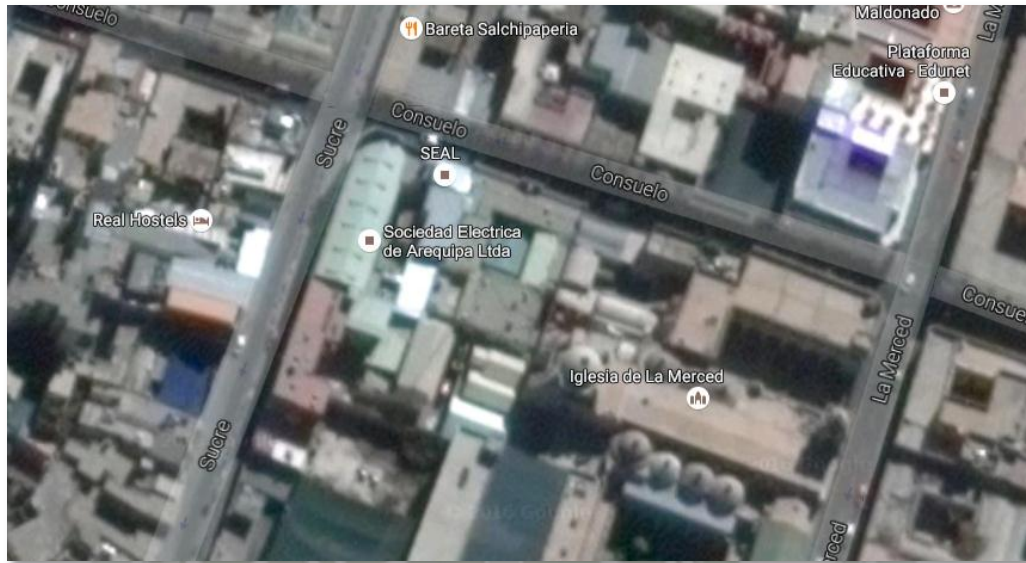
(SEAL S.A)

## 1.3 Ubicación geográfica

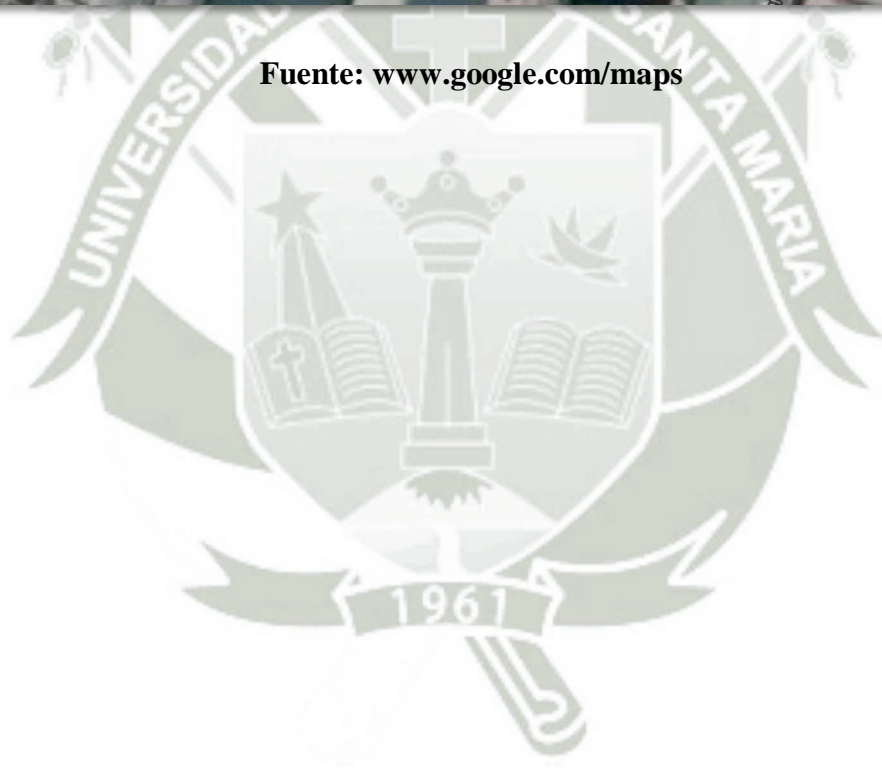
Sociedad Eléctrica del Sur Oeste SEAL S.A está dividida en dos sedes principales, la primera sede de carácter administrativo se encuentra ubicada en la Calle Consuelo 310, con coordenadas  $16^{\circ}24'03.7''S$   $71^{\circ}32'21.8''W$  en el Cercado de Arequipa, y la segunda sede de carácter operativo se encuentra ubicada en la avenida Miguel Forga 131 en el Parque Industrial, con coordenadas  $6^{\circ}25'07.0''S$   $71^{\circ}32'51.7''W$ , en esta segunda sede se encuentra también el centro de control de operaciones.

Además, presenta oficinas administrativas en las diferentes zonas de concesión. A continuación, se muestra la ubicación en el mapa así como los frontis de ambas sedes principales.

**Figura 1. Vista satelital de la sede de Sucre**



**Fuente: [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)**

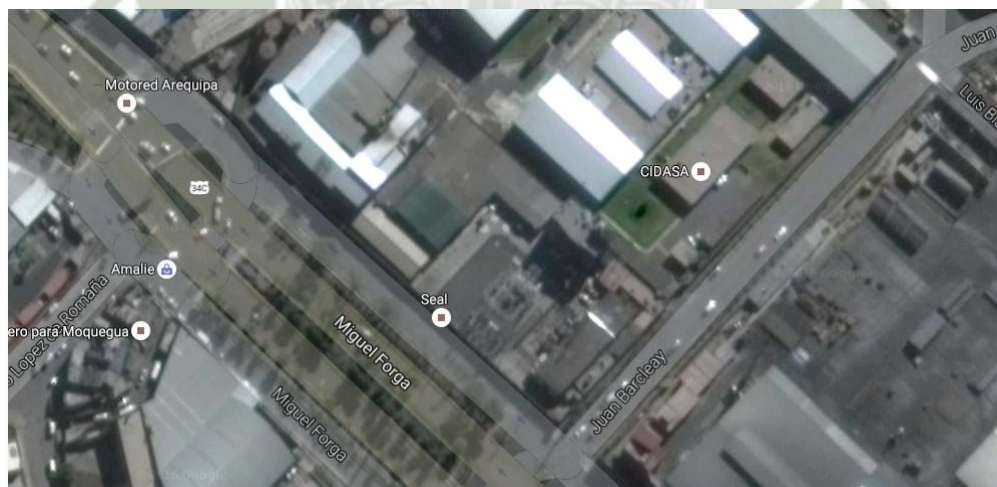


**Figura 2. Frontis de la sede de Sucre**



Fuente: [www.seal.com.pe](http://www.seal.com.pe)

**Figura 3. Vista satelital de la sede Parque Industrial**



Fuente: [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)

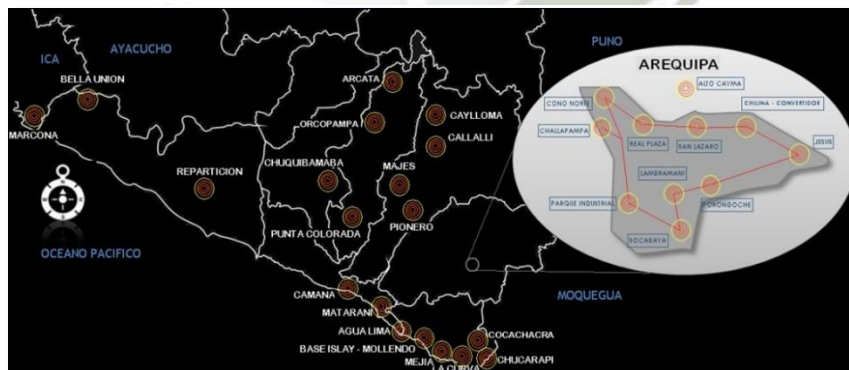
**Figura 4. Frontis de la sede de Parque Industrial**



**Fuente: Elaboración propia**

En cuanto a la concesión, SEAL tiene presencia a lo largo de toda la región Arequipa, mediante 37 Subestación de transmisión, cuyas ubicaciones se muestran en la siguiente figura:

**Figura 5. Mapa de concesión**



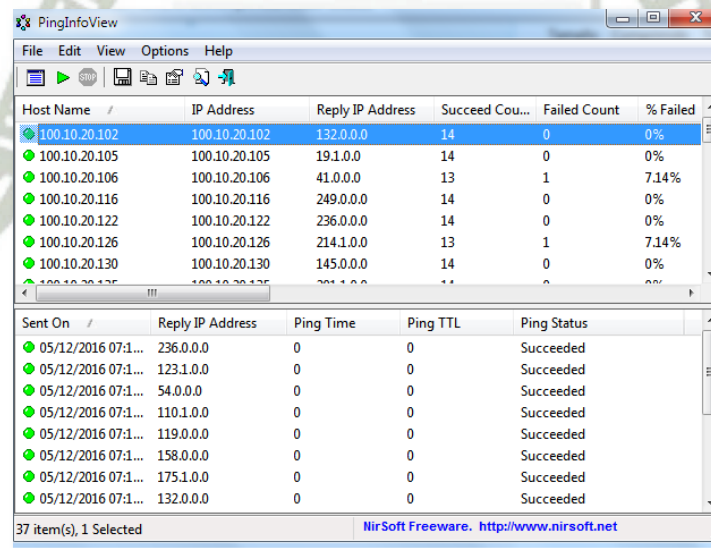
**Fuente: intranet SEAL**

## CAPÍTULO IV: MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 1. Medición de tiempos de latencia

Se procedió a medir el tiempo de latencia entre el servidor SCADA 1 hacia cada una de las RTU integradas al sistema mediante el programa PingInfoView, el cual realiza en envío de paquetes de 32 bytes de forma ininterrumpida durante un determinado lapso de tiempo, registrando básicamente el número de paquetes enviados, el número de paquetes perdidos, así como el porcentaje de fallas con respecto a los parámetros antes mencionados, así como la latencia entre el servidor y la RTU a examinar.

**Figura6. PingInfoView**



Host Name	IP Address	Reply IP Address	Succeed Cou...	Failed Count	% Failed
100.10.20.102	100.10.20.102	132.0.0.0	14	0	0%
100.10.20.105	100.10.20.105	191.0.0.0	14	0	0%
100.10.20.106	100.10.20.106	41.0.0.0	13	1	7.14%
100.10.20.116	100.10.20.116	249.0.0.0	14	0	0%
100.10.20.122	100.10.20.122	236.0.0.0	14	0	0%
100.10.20.126	100.10.20.126	214.1.0.0	13	1	7.14%
100.10.20.130	100.10.20.130	145.0.0.0	14	0	0%
100.10.20.135	100.10.20.135	201.1.0.0	14	0	0%

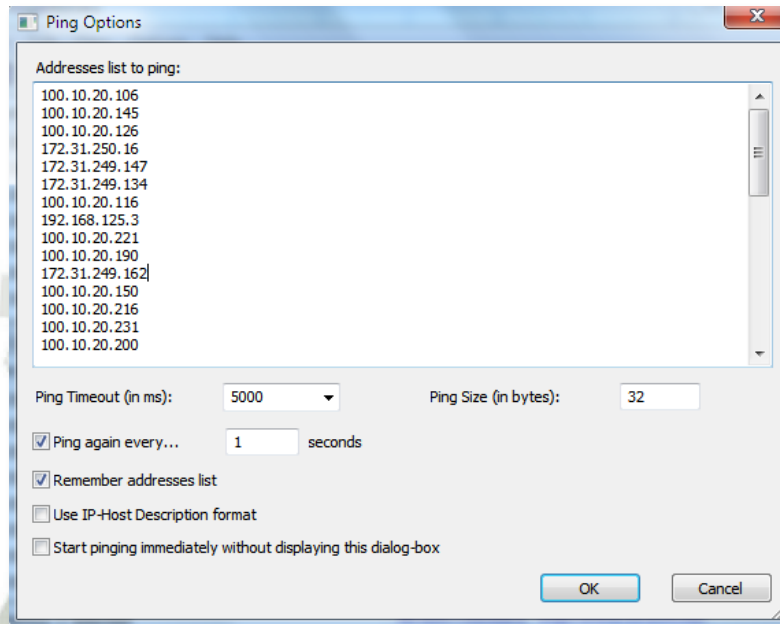
Sent On	Reply IP Address	Ping Time	Ping TTL	Ping Status
05/12/2016 07:1...	236.0.0.0	0	0	Succeeded
05/12/2016 07:1...	123.1.0.0	0	0	Succeeded
05/12/2016 07:1...	54.0.0.0	0	0	Succeeded
05/12/2016 07:1...	110.1.0.0	0	0	Succeeded
05/12/2016 07:1...	119.0.0.0	0	0	Succeeded
05/12/2016 07:1...	158.0.0.0	0	0	Succeeded
05/12/2016 07:1...	175.1.0.0	0	0	Succeeded
05/12/2016 07:1...	132.0.0.0	0	0	Succeeded

**Fuente: Elaboración propia**

como vemos en la figura 6, el programa nos permite realizar un ping y aplicar el protocolo ICMP de manera simultánea a una lista determinada de host, cada pulso configurado sobre 1 segundo queda registrado en una tabla histórica, la cual nos registra mediante una cuenta acumulativa los paquetes que se reciben, los que se pierden y el porcentaje de falla, lo cual

nos permite tener un registro sobre cómo se encuentra nuestra red en un determinado momento del día, dichos datos nos facilitan la determinación de que nodo de la red está teniendo problemas.

**Figura 7. Parámetros de medición**



**Fuente: Elaboración propia**

Como vemos en la figura 7, el programa nos permite agregar de una sola vez toda la lista de IP a examinar, configuramos el ping time-out a 5000ms o 5 segundos para poder registrar la máxima latencia posible antes de considerarse rota la comunicación, la opción de ping constante se configura a 1 segundo y el tamaño del paquete se deja en 32bytes.

Las muestras se tomaron desde el día 12/10/2016 al 22/11/2016, correspondiente a los turnos mañana, tarde y noche, cuyos intervalos van desde las 7 am hasta las 3pm, desde las 3pm hasta las 11 pm y desde las 11pm hasta las 7am.

Para la realización de la tabla se tomaron en cuenta ocho aspectos, los cuales son: la dirección IP del host de destino, la subestación donde se encuentra instalada la RTU, los paquetes enviados, los paquetes fallidos, el porcentaje de fallo, tiempo mínimo y tiempo máximo de ping o latencia y la fecha en que la muestra fue tomada.

A continuación, mostraré una serie de tablas con los datos recogidos durante las fechas antes mencionadas.

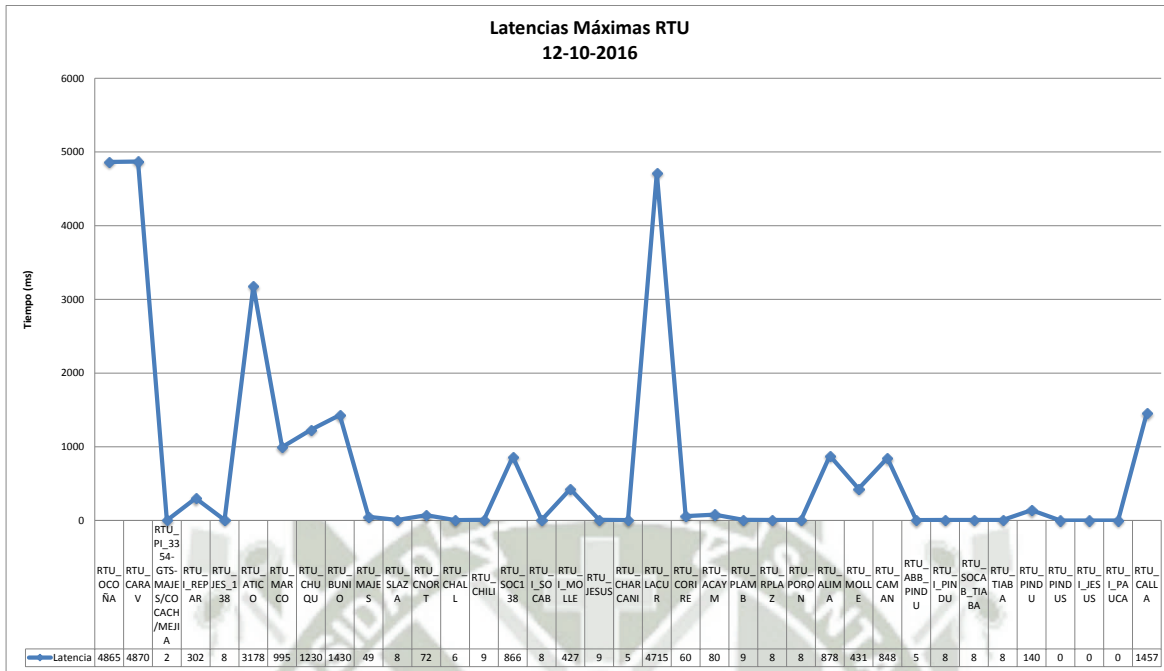
**Tabla 3. Muestreo del 12/10/2016**

Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU OCOÑA	4197	863	17.06%	327	4865	12/10/2016
192.168.125.3	RTU CARAV	4990	70	1.38%	108	4870	12/10/2016
192.168.120.10	RTU PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	5060	0	0.00%	0	2	12/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	5002	58	1.15%	9	302	12/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	5060	0	0.00%	0	8	12/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	4965	95	1.88%	64	3178	12/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	5055	5	0.10%	535	995	12/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	5052	8	0.16%	535	1230	12/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	5054	6	0.12%	534	1430	12/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	5011	49	0.97%	4	49	12/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	5052	8	0.16%	1	8	12/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	5060	0	0.00%	1	72	12/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	5060	0	0.00%	2	6	12/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILU	4978	82	1.62%	1	9	12/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	4272	787	15.56%	3	866	12/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	5052	8	0.16%	1	8	12/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	5052	8	0.16%	8	427	12/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	5060	0	0.00%	0	9	12/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	5060	0	0.00%	1	5	12/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5048	12	0.24%	16	4715	12/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	5022	38	0.75%	10	60	12/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	5060	0	0.00%	1	80	12/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	5060	0	0.00%	1	9	12/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	5060	0	0.00%	1	8	12/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	5060	0	0.00%	0	8	12/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	5050	10	0.20%	10	878	12/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	5056	4	0.08%	11	431	12/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5043	17	0.34%	12	848	12/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5060	0	0.00%	1	5	12/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	5058	2	0.04%	1	8	12/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	5060	0	0.00%	0	8	12/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	5060	0	0.00%	0	8	12/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	5060	0	0.00%	1	140	12/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	5059	100.00%	0	0	12/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	5059	100.00%	0	0	12/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	5059	100.00%	0	0	12/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	4621	439	8.68%	537	1457	12/10/2016

**Fuente:** Elaboración propia

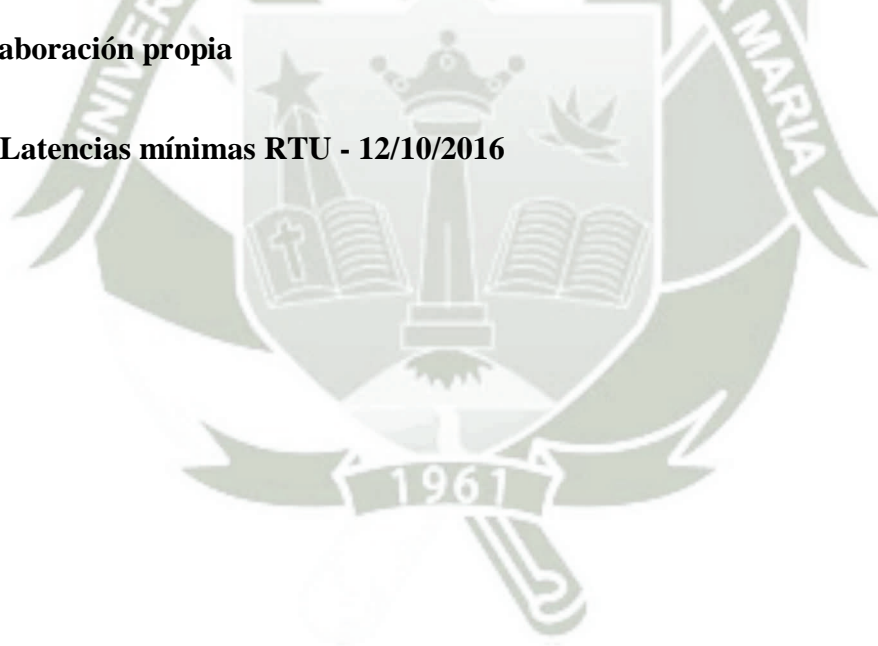
De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

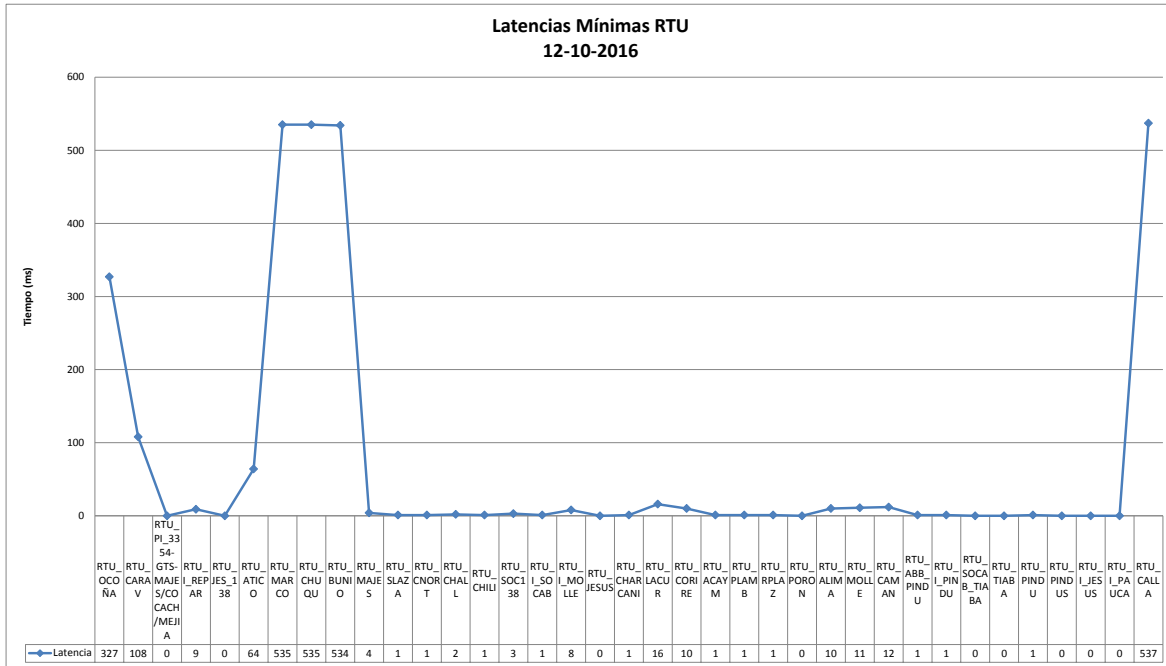
**Gráfico 2. Latencias máximas RTU - 12/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

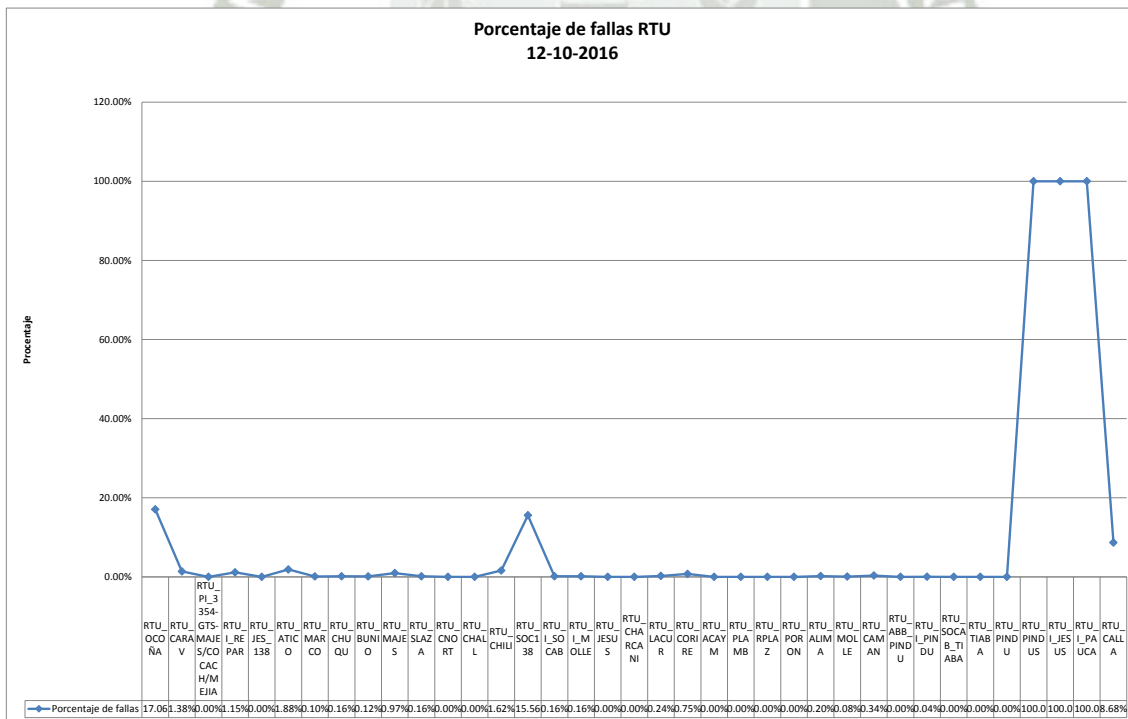
**Gráfico 3. Latencias mínimas RTU - 12/10/2016**





Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Porcentaje de fallas RTU - 12/10/2016



Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 13/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

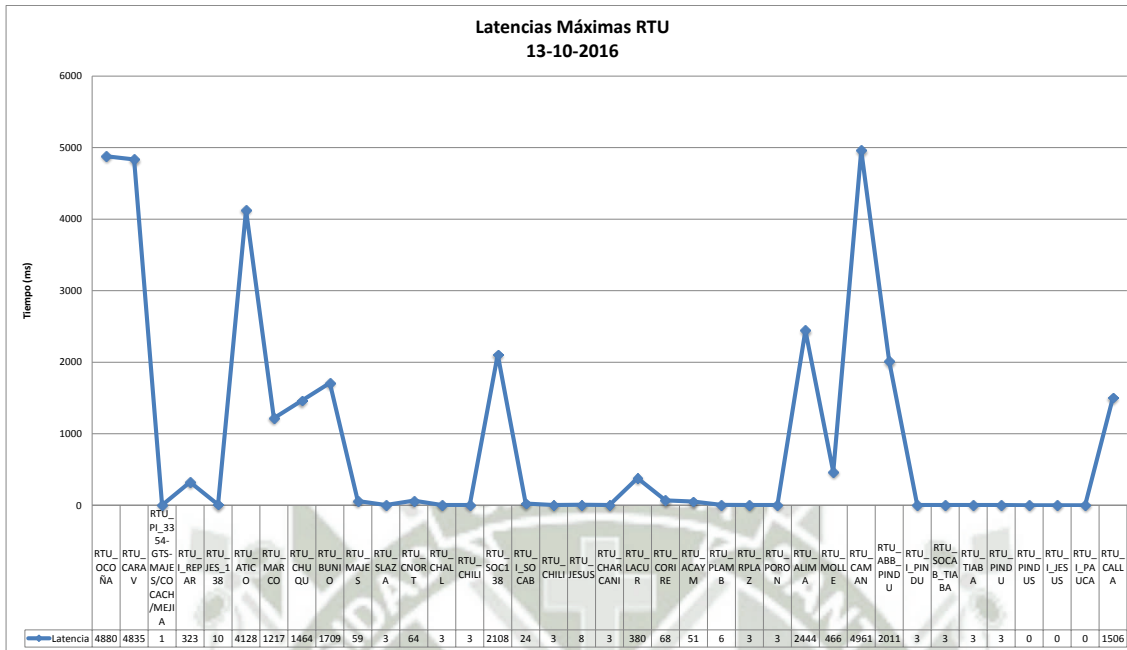
**Tabla 4. Muestreo del 13/10/2016**

Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU OCOÑA	5529	464	7.74%	312	4880	13/10/2016
192.168.125.3	RTU CARAV	5934	60	1.00%	113	4835	13/10/2016
192.168.120.10	RTU PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	5994	0	0.00%	0	1	13/10/2016
192.168.85.21	RTU I REPAR	5949	45	0.75%	9	323	13/10/2016
192.168.78.7	RTU JES_138	5994	0	0.00%	0	10	13/10/2016
172.31.250.16	RTU ATICO	5595	399	6.66%	58	4128	13/10/2016
172.31.249.178	RTU MARCO	5957	37	0.62%	537	1217	13/10/2016
172.31.249.162	RTU CHUQU	5966	28	0.47%	536	1464	13/10/2016
172.31.249.147	RTU BUNIO	5966	28	0.47%	536	1709	13/10/2016
100.10.20.246	RTU MAJES	5979	15	0.25%	5	59	13/10/2016
100.10.20.236	RTU SLAZA	5982	12	0.20%	1	3	13/10/2016
100.10.20.231	RTU CNORT	5993	1	0.02%	2	64	13/10/2016
100.10.20.221	RTU CHALL	5994	0	0.00%	2	3	13/10/2016
100.10.20.216	RTU CHILU	5906	88	1.47%	1	3	13/10/2016
100.10.20.213	RTU SOC138	5060	934	15.58%	3	2108	13/10/2016
100.10.20.211	RTU I SOGAB	5989	5	0.08%	1	24	13/10/2016
100.10.20.216	RTU CHILU	5906	88	1.47%	1	3	13/10/2016
100.10.20.201	RTU JESUS	5994	0	0.00%	1	8	13/10/2016
100.10.20.190	RTU CHARCANI	5994	0	0.00%	1	3	13/10/2016
100.10.20.180	RTU LACUR	5993	1	0.02%	16	380	13/10/2016
100.10.20.150	RTU CORIRE	5994	0	0.00%	10	68	13/10/2016
100.10.20.145	RTU ACAYM	5994	0	0.00%	1	51	13/10/2016
100.10.20.140	RTU PLAMB	5994	0	0.00%	2	6	13/10/2016
100.10.20.135	RTU RPLAZ	5994	0	0.00%	1	3	13/10/2016
100.10.20.130	RTU PORON	5994	0	0.00%	0	3	13/10/2016
100.10.20.126	RTU ALIMA	5963	31	0.52%	10	2444	13/10/2016
100.10.20.122	RTU MOLLE	5982	12	0.20%	11	466	13/10/2016
100.10.20.116	RTU CAMAN	5841	153	2.55%	12	4961	13/10/2016
100.10.20.106	RTU ABB PINDU	5898	96	1.60%	1	2011	13/10/2016
100.10.20.105	RTU I PINDU	5991	3	0.05%	1	3	13/10/2016
100.10.20.91	RTU SOGAB_TIABA	5994	0	0.00%	0	3	13/10/2016
100.10.20.90	RTU TIABA	5994	0	0.00%	0	3	13/10/2016
100.10.20.27	RTU PINDU	5994	0	0.00%	1	3	13/10/2016
100.10.20.102	RTU PINDUS	0	5993	100.00%	0	0	13/10/2016
100.10.20.200	RTU I JESUS	0	5993	100.00%	0	0	13/10/2016
100.10.20.226	RTU I PAUCA	0	5993	100.00%	0	0	13/10/2016
172.31.249.134	RTU CALLA	5489	505	8.43%	532	1506	13/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

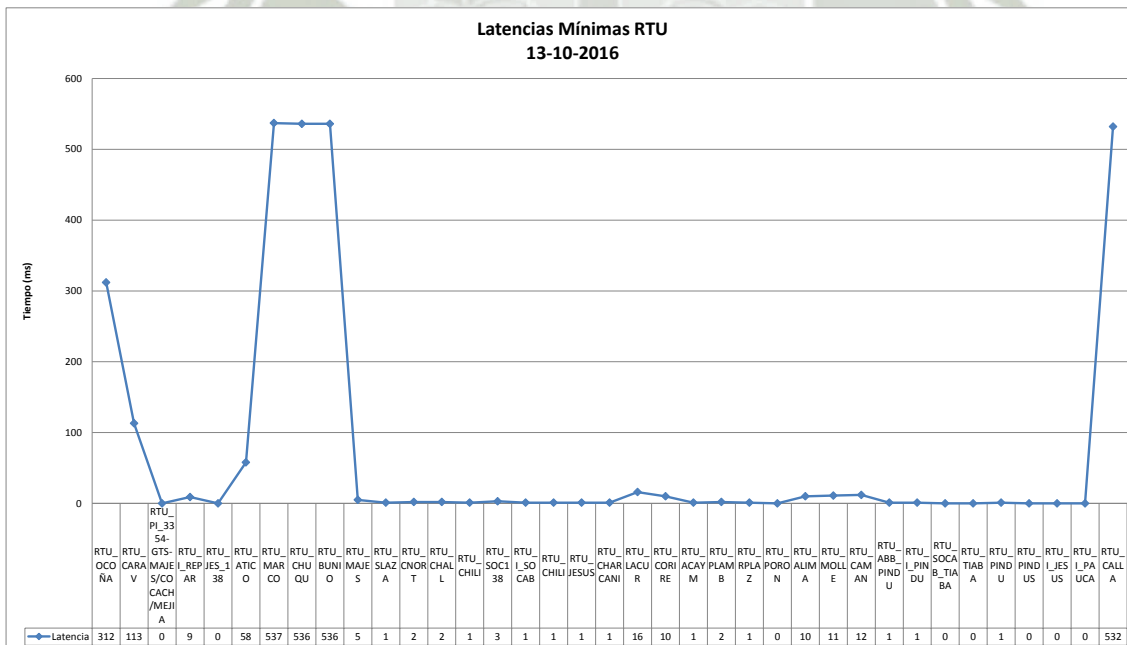
De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

**Gráfico 5. Latencias máximas RTU - 13/10/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 6. Latencias mínimas RTU 13/10/2016**



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 5. Muestreo de 14/10/2016**

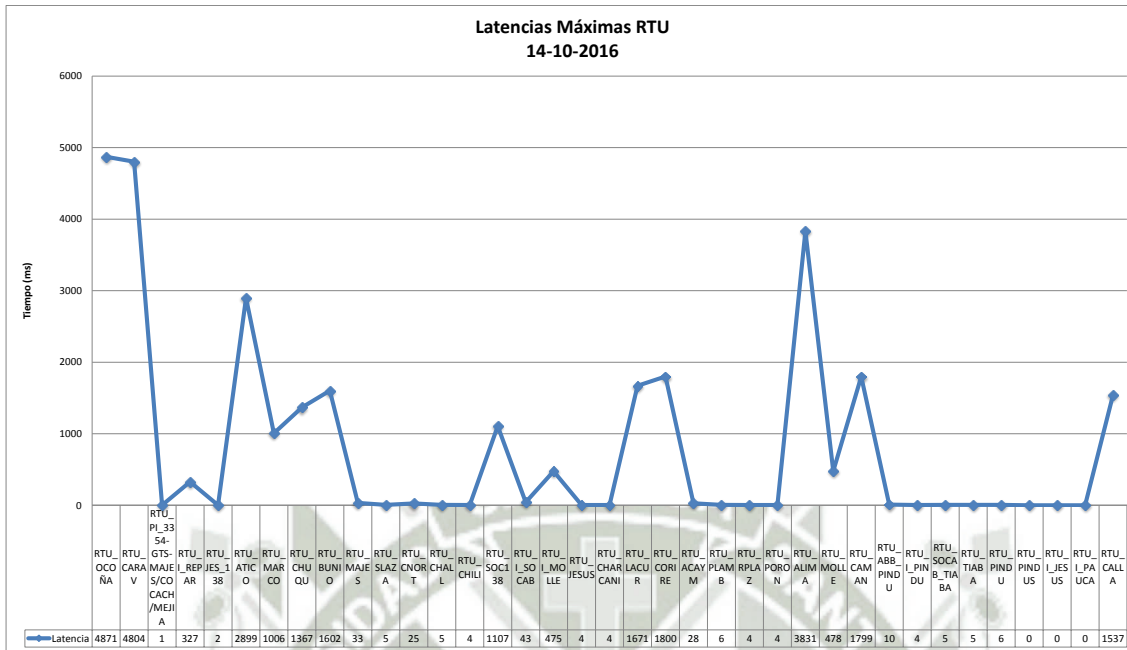
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	5336	734	12.09%	300	4871	14/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	5777	293	4.83%	110	4804	14/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	6070	0	0.00%	0	1	14/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	6061	9	0.15%	9	327	14/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	6070	0	0.00%	0	2	14/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5975	95	1.57%	58	2899	14/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	6026	44	0.72%	534	1006	14/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	6025	45	0.74%	536	1367	14/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	6027	43	0.71%	537	1602	14/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	6043	27	0.44%	5	33	14/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	6054	16	0.26%	1	5	14/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	6070	0	0.00%	1	25	14/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	6070	0	0.00%	2	5	14/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	5975	95	1.57%	1	4	14/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	5201	869	14.32%	3	1107	14/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	6061	9	0.15%	1	43	14/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	6058	12	0.20%	8	475	14/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	6070	0	0.00%	1	4	14/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	6070	0	0.00%	1	4	14/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	6063	7	0.12%	16	1671	14/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	6064	6	0.10%	11	1800	14/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	6070	0	0.00%	1	28	14/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	6070	0	0.00%	1	6	14/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	6070	0	0.00%	1	4	14/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	6070	0	0.00%	0	4	14/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	6059	11	0.18%	10	3831	14/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	6057	13	0.21%	11	478	14/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	6040	30	0.49%	12	1799	14/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	6070	0	0.00%	1	10	14/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	6067	3	0.05%	1	4	14/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	6070	0	0.00%	1	5	14/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	6070	0	0.00%	1	5	14/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	6070	0	0.00%	1	6	14/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6070	100.00%	0	0	14/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6070	100.00%	0	0	14/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	6070	100.00%	0	0	14/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	5055	1015	16.72%	538	1537	14/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:



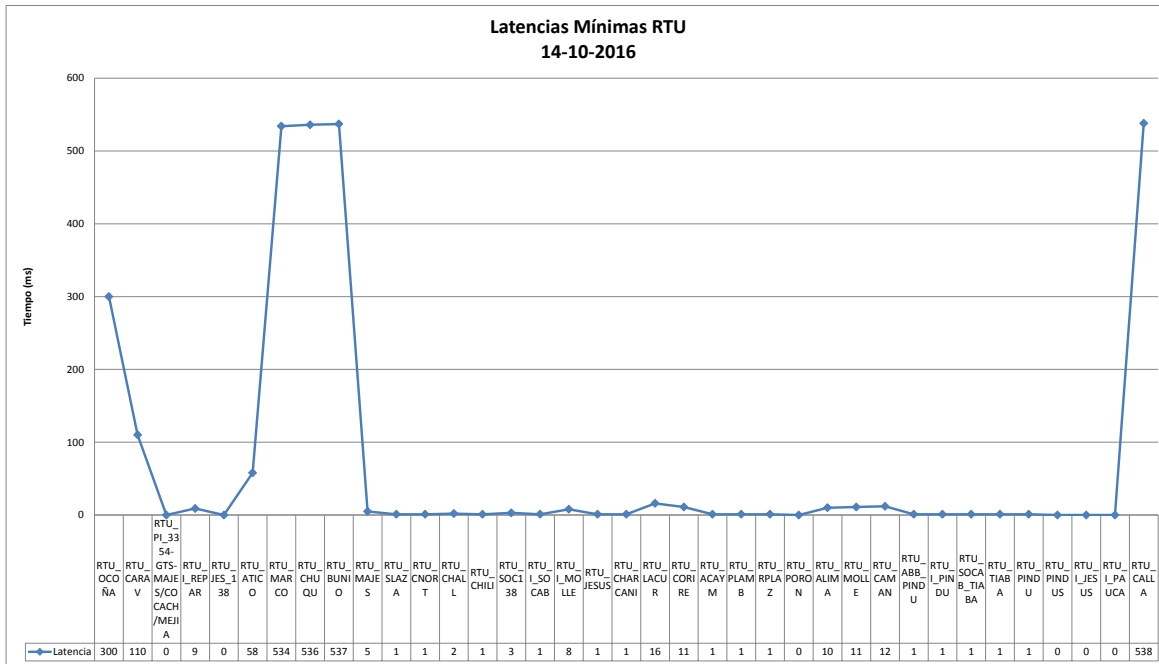
**Gráfico 8. Latencias máximas - 14/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**



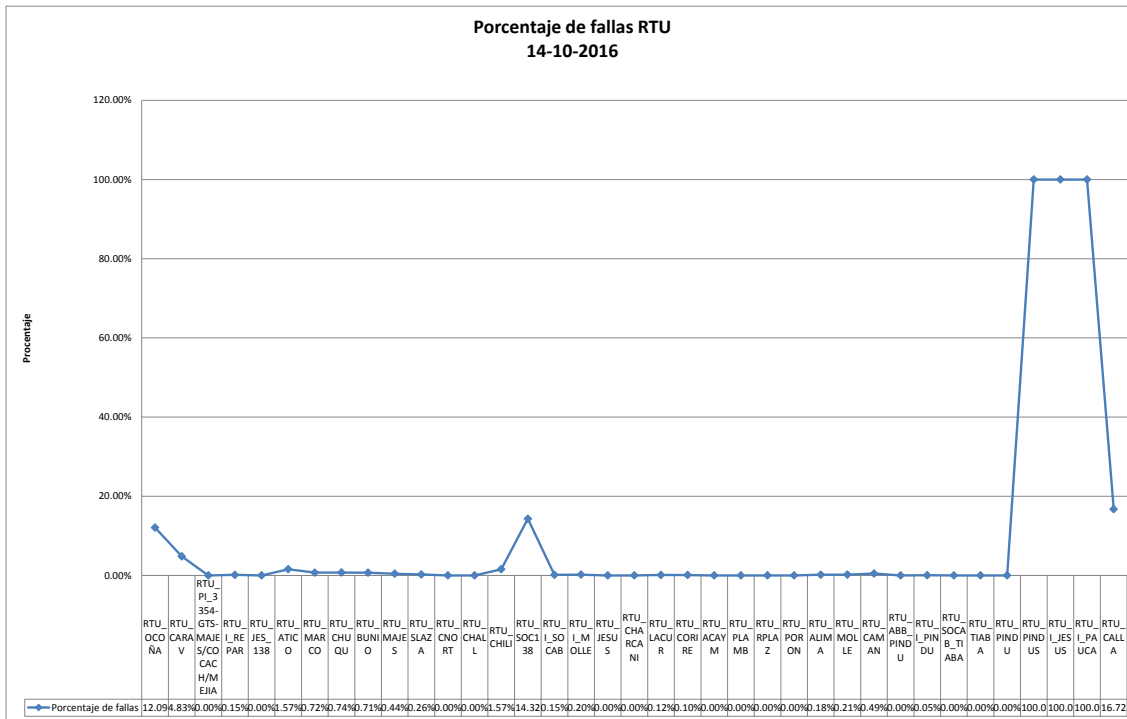
**Gráfico 9. Latencias mínimas RTU - 14/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 10. Porcentaje de fallas RTU - 14/10/2016**





**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 17/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

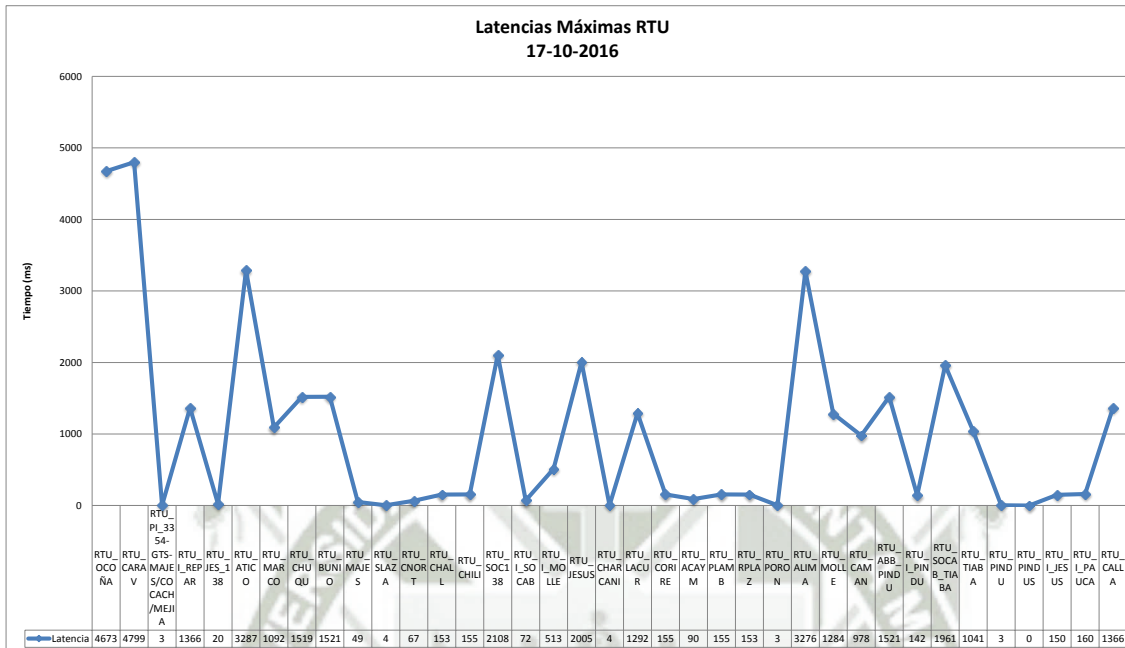
**Tabla 6. Muestreo del 17/10/2016**

Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	5605	461	7.60%	286	4673	17/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	5982	84	1.38%	113	4799	17/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	5683	383	6.31%	0	3	17/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	3743	2322	38.29%	537	1366	17/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	5732	334	5.51%	0	20	17/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5784	282	4.65%	57	3287	17/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	6051	15	0.25%	537	1092	17/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	6049	17	0.28%	538	1519	17/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	5931	135	2.23%	1	1521	17/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	5685	381	6.28%	4	49	17/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	5919	147	2.42%	1	4	17/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	5911	155	2.56%	1	67	17/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	5459	607	10.01%	1	153	17/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	5862	204	3.36%	1	155	17/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	4814	1251	20.63%	3	2108	17/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	4400	1666	27.46%	1	72	17/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	5885	181	2.98%	8	513	17/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	5926	140	2.31%	0	2005	17/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	5935	131	2.16%	1	4	17/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5883	183	3.02%	16	1292	17/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	5731	335	5.52%	10	155	17/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	5928	138	2.27%	1	90	17/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	5937	129	2.13%	1	155	17/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	5938	128	2.11%	0	153	17/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	5938	128	2.11%	0	3	17/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	5872	194	3.20%	10	3276	17/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	5880	186	3.07%	11	1284	17/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5875	191	3.15%	12	978	17/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5931	135	2.23%	1	1521	17/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	5925	141	2.32%	1	142	17/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	5925	141	2.32%	0	1961	17/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	5925	141	2.32%	0	1041	17/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	5938	128	2.11%	0	3	17/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6065	100.00%	0	0	17/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	48	6017	99.21%	144	150	17/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	48	6017	99.21%	150	160	17/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	3743	2322	38.29%	537	1366	17/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

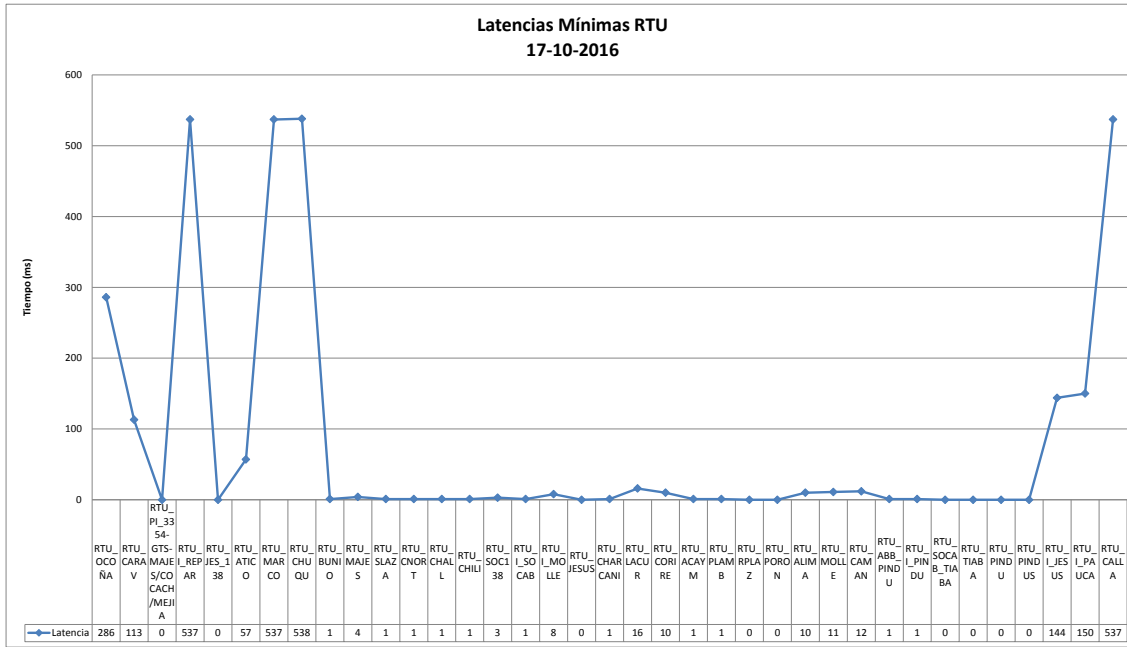
De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

**Gráfico 11. Latencias máximas RTU 17/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

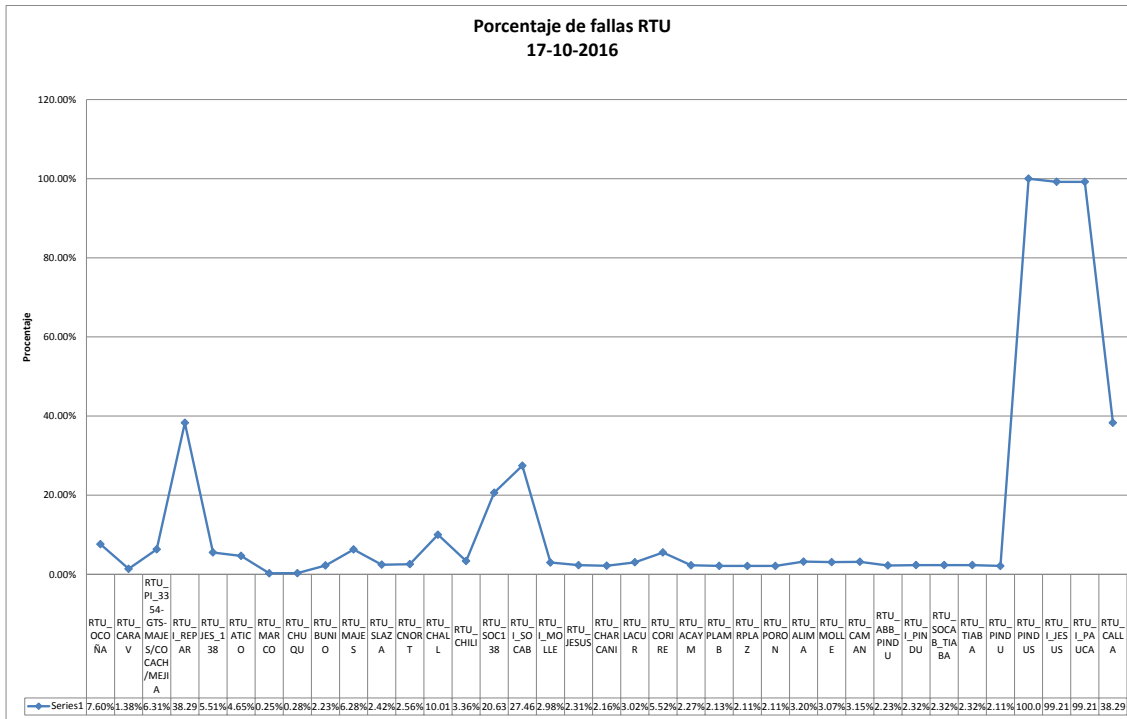
**Gráfico 12. Latencias mínimas RTU - 17/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**



**Gráfico 13. Porcentaje de fallas RTU - 17/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 18/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 7. Muestreo del 18/10/2016**

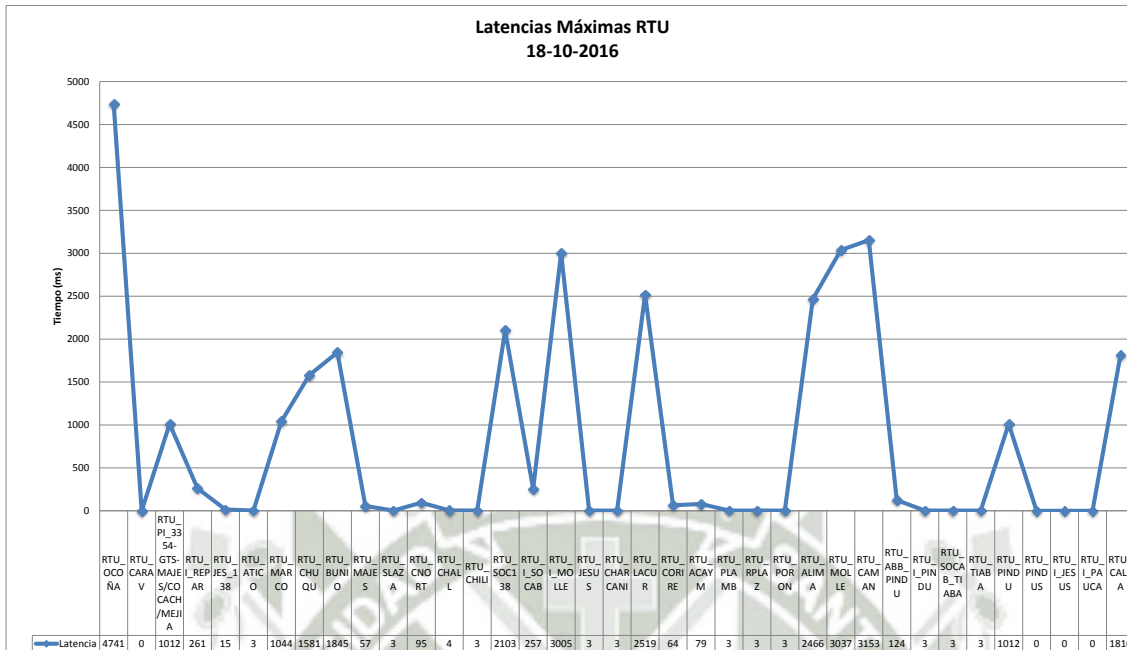
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	3798	2358	38.30%	285	4741	18/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	0	6156	100.00%	0	0	18/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	6129	27	0.44%	1	1012	18/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	6112	44	0.71%	9	261	18/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	6156	0	0.00%	0	15	18/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	6156	0	0.00%	1	3	18/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	6145	11	0.18%	535	1044	18/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	6147	9	0.15%	536	1581	18/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	6148	8	0.13%	536	1845	18/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	6124	32	0.52%	5	57	18/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	6144	12	0.19%	1	3	18/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	6156	0	0.00%	2	95	18/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	6156	0	0.00%	2	4	18/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	6063	93	1.51%	2	3	18/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	4965	1191	19.35%	3	2103	18/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	6146	10	0.16%	1	257	18/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	5990	166	2.70%	8	3005	18/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	6155	1	0.02%	1	3	18/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	6156	0	0.00%	2	3	18/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5966	190	3.09%	16	2519	18/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	6134	22	0.36%	11	64	18/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	6155	1	0.02%	2	79	18/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	6156	0	0.00%	2	3	18/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	6156	0	0.00%	1	3	18/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	6156	0	0.00%	0	3	18/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	5991	165	2.68%	10	2466	18/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	5990	166	2.70%	11	3037	18/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5973	183	2.97%	12	3153	18/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5494	662	10.75%	1	124	18/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	6141	15	0.24%	1	3	18/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	6156	0	0.00%	1	3	18/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	6156	0	0.00%	1	3	18/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	6129	27	0.44%	1	1012	18/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6156	100.00%	0	0	18/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6156	100.00%	0	0	18/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	6156	100.00%	0	0	18/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	3993	2163	35.14%	539	1816	18/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

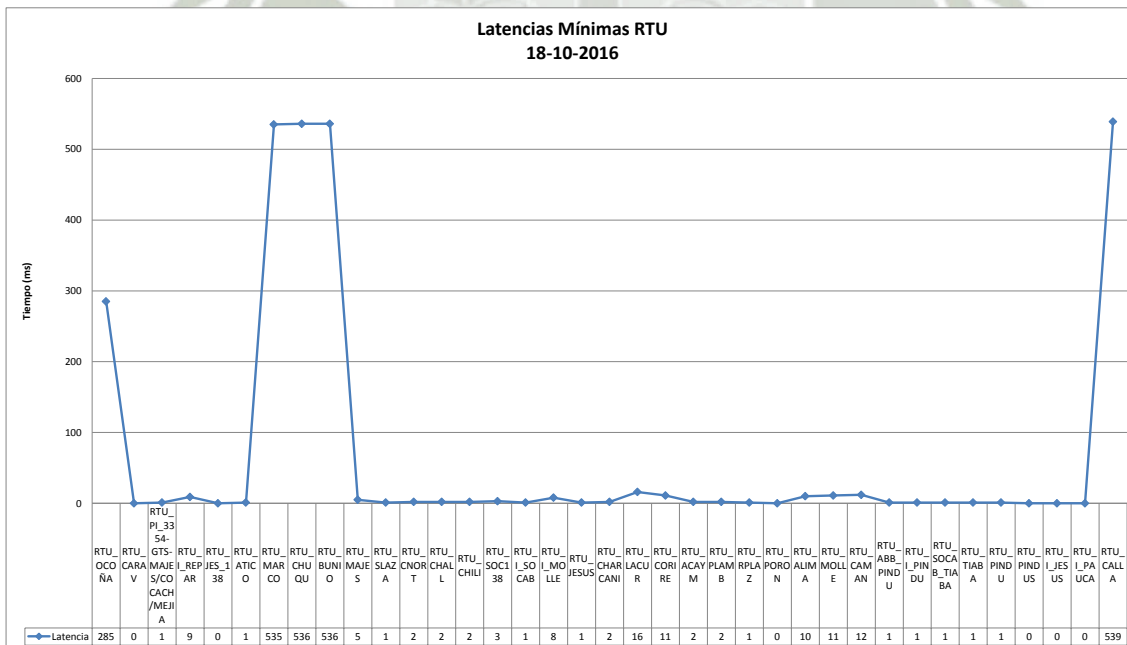


**Gráfico 14. Latencias máximas RTU - 18/10/2016**



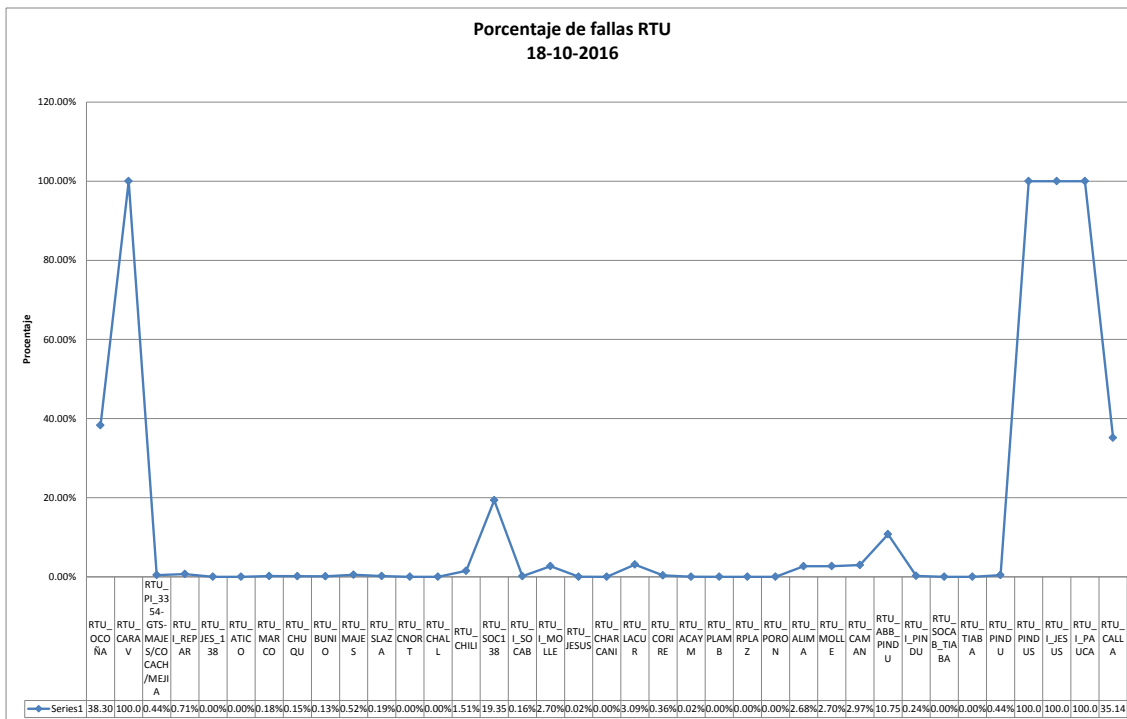
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 15. Latencias mínimas RTU 18/10/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 16. Porcentaje de fallas RTU - 18/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

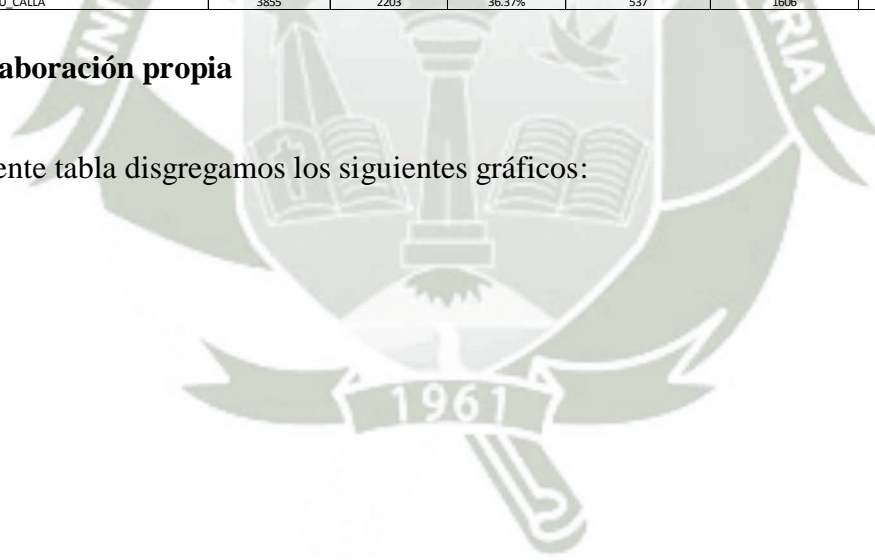
La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 19/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 8. Muestreo del 19/10/2016**

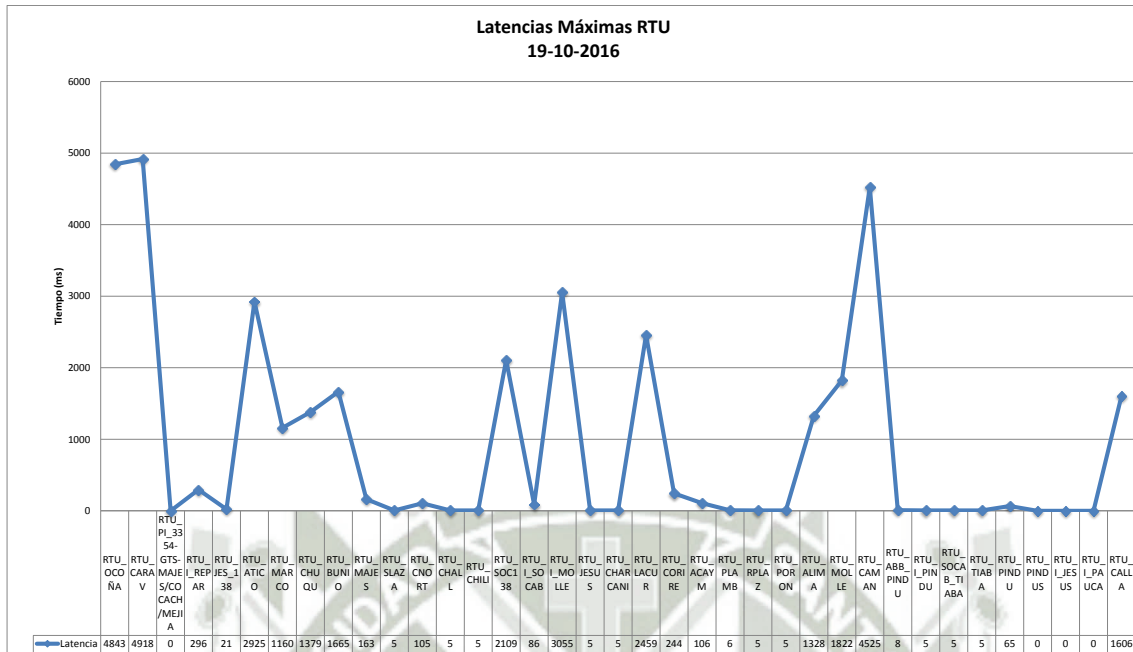
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU OCOÑA	5661	397	6.55%	281	4843	19/10/2016
192.168.125.3	RTU CARAV	5737	321	5.30%	111	4918	19/10/2016
192.168.120.10	RTU PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	6058	0	0.00%	0	0	19/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	6044	14	0.23%	10	296	19/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	6058	0	0.00%	0	21	19/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5995	63	1.04%	57	2925	19/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	6037	21	0.35%	537	1160	19/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	6037	21	0.35%	534	1379	19/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	6040	18	0.30%	533	1665	19/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	6028	30	0.50%	5	163	19/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	6044	14	0.23%	2	5	19/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	6058	0	0.00%	2	105	19/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	6058	0	0.00%	2	5	19/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	5938	120	1.98%	2	5	19/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	4824	1234	20.37%	4	2109	19/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	6053	5	0.08%	2	86	19/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	5941	117	1.93%	8	3055	19/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	6058	0	0.00%	2	5	19/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	6058	0	0.00%	2	5	19/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5937	121	2.00%	16	2459	19/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	6048	10	0.17%	11	244	19/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	6058	0	0.00%	2	106	19/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	6058	0	0.00%	2	6	19/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	6058	0	0.00%	1	5	19/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	6058	0	0.00%	1	5	19/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	5932	126	2.08%	10	1328	19/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	5942	116	1.91%	11	1822	19/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5773	285	4.70%	12	4525	19/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5954	104	1.72%	1	8	19/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	6052	6	0.10%	2	5	19/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	6058	0	0.00%	2	5	19/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	6058	0	0.00%	2	5	19/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	6058	0	0.00%	1	65	19/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6059	100.00%	0	0	19/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6059	100.00%	0	0	19/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	6059	100.00%	0	0	19/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	3855	2203	36.37%	537	1606	19/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:



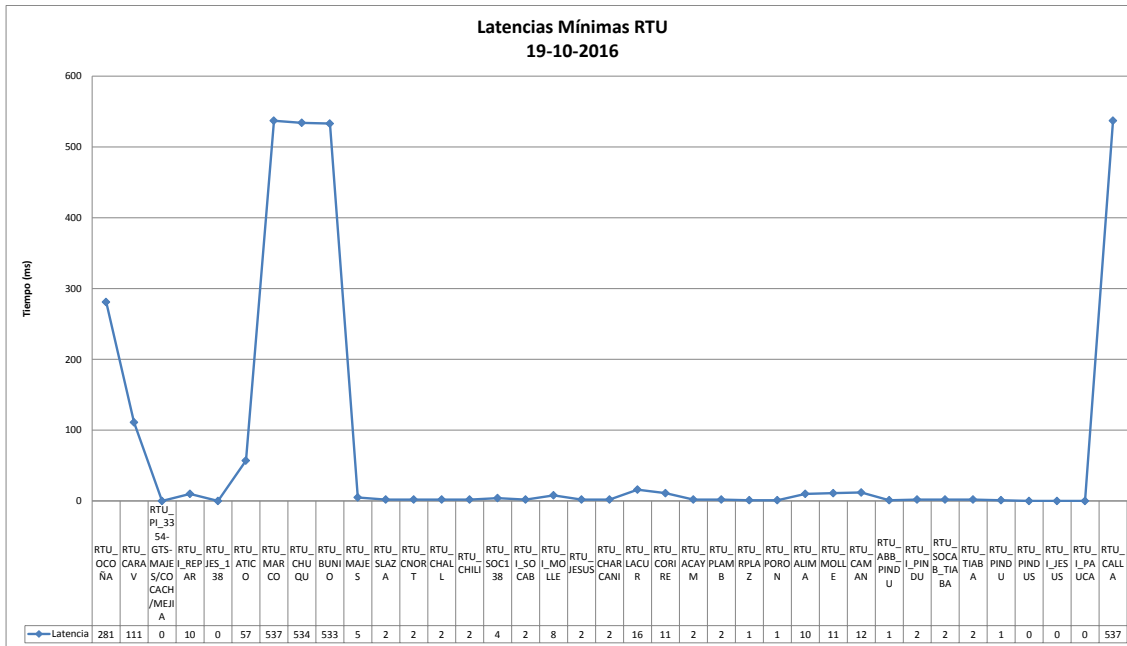
**Gráfico 17. Latencias máximas RTU - 19/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**



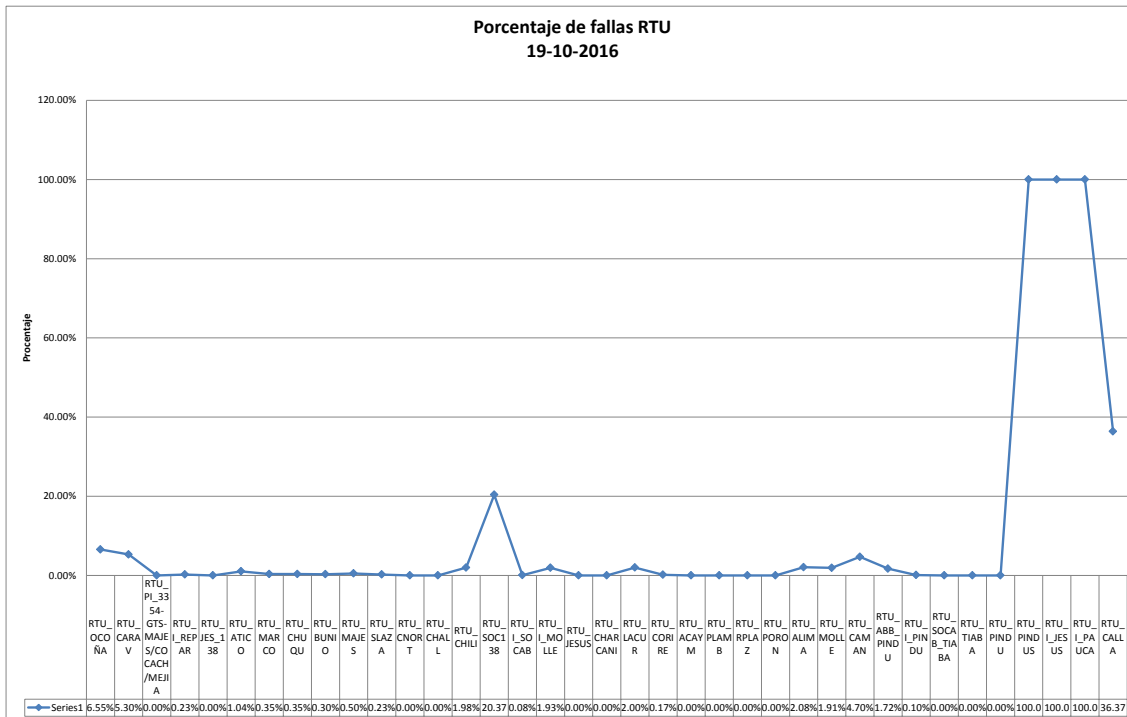
**Gráfico 18. Latencias mínimas RTU - 19/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 19. Porcentaje de fallas RTU - 19/10/2016**





**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 20/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 9. Muestra del 20/10/2016**

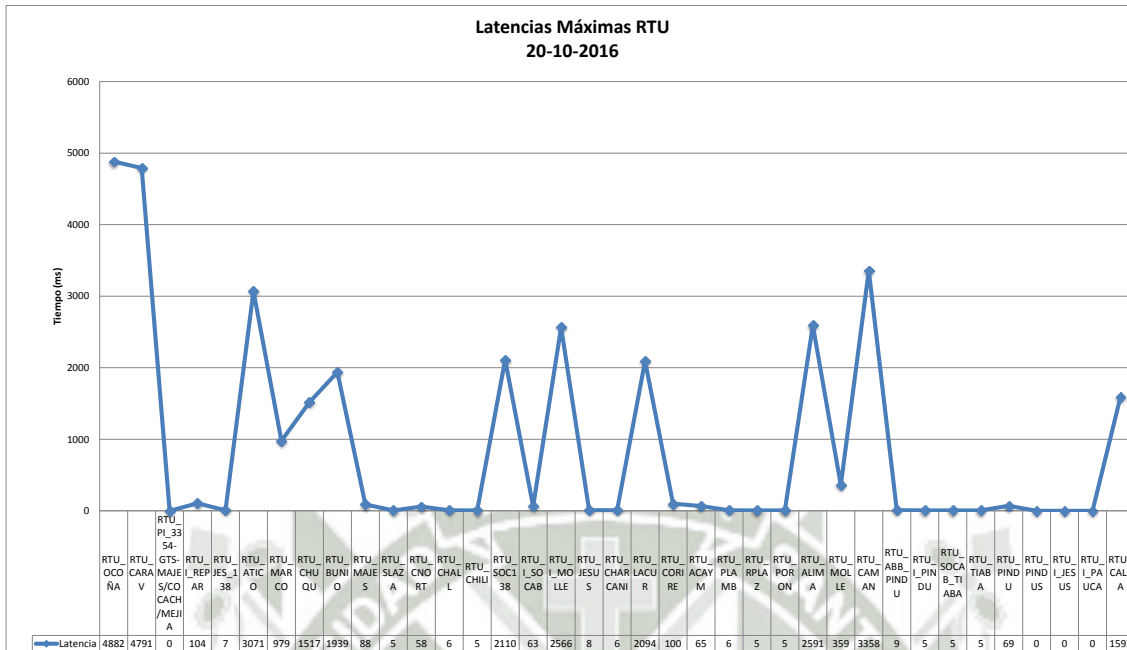
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	5746	187	3.15%	267	4882	20/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	5903	29	0.49%	112	4791	20/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	5933	0	0.00%	0	0	20/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	5683	250	4.21%	9	104	20/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	5933	0	0.00%	0	7	20/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5869	64	1.08%	55	3071	20/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	5923	10	0.17%	534	979	20/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	5922	11	0.19%	535	1517	20/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	5920	13	0.22%	536	1939	20/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	5725	208	3.51%	5	88	20/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	5921	12	0.20%	2	5	20/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	5933	0	0.00%	2	58	20/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	5933	0	0.00%	2	6	20/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	5799	134	2.26%	2	5	20/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	4775	1158	19.52%	4	2110	20/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	5921	12	0.20%	2	63	20/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	5868	65	1.10%	8	2566	20/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	5931	2	0.03%	2	8	20/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	5933	0	0.00%	2	6	20/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5852	81	1.37%	16	2094	20/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	5745	188	3.17%	11	100	20/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	5933	0	0.00%	2	65	20/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	5933	0	0.00%	2	6	20/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	5933	0	0.00%	2	5	20/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	5933	0	0.00%	2	5	20/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	5851	82	1.38%	10	2591	20/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	5853	80	1.35%	11	359	20/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5730	203	3.42%	12	3358	20/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5843	89	1.50%	2	9	20/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	5927	6	0.10%	2	5	20/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	5933	0	0.00%	2	5	20/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	5933	0	0.00%	2	5	20/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	5933	0	0.00%	2	69	20/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	5933	100.00%	0	0	20/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	5933	100.00%	0	0	20/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	5933	100.00%	0	0	20/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	4628	1305	22.00%	536	1592	20/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

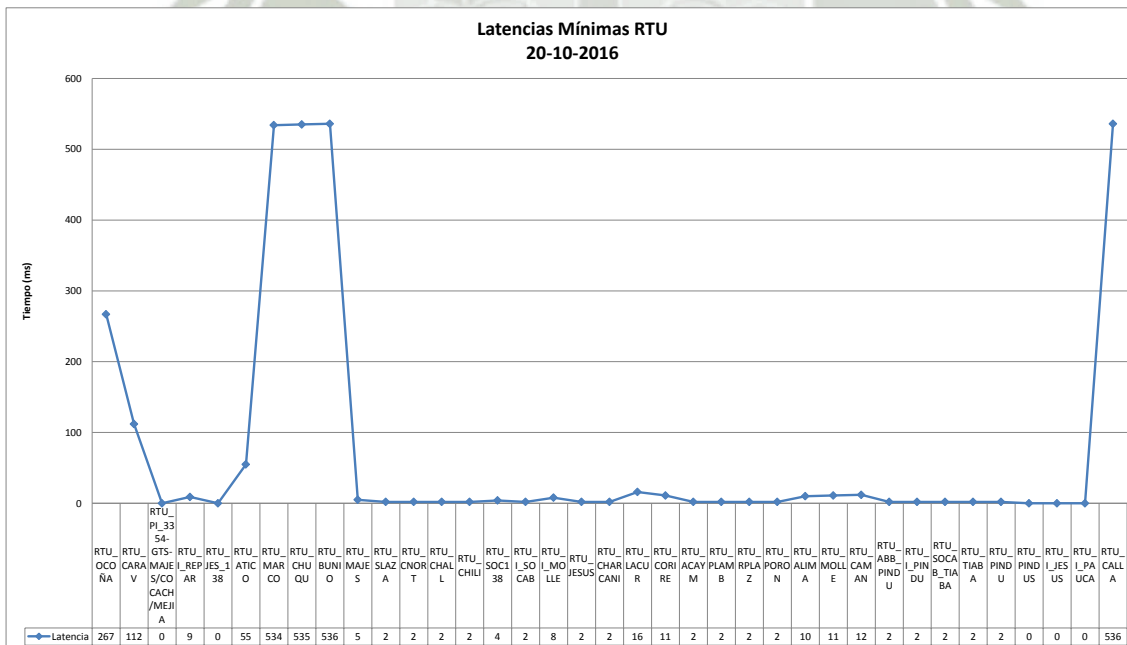


**Gráfico 20. Latencias máximas RTU 20/10/2016**



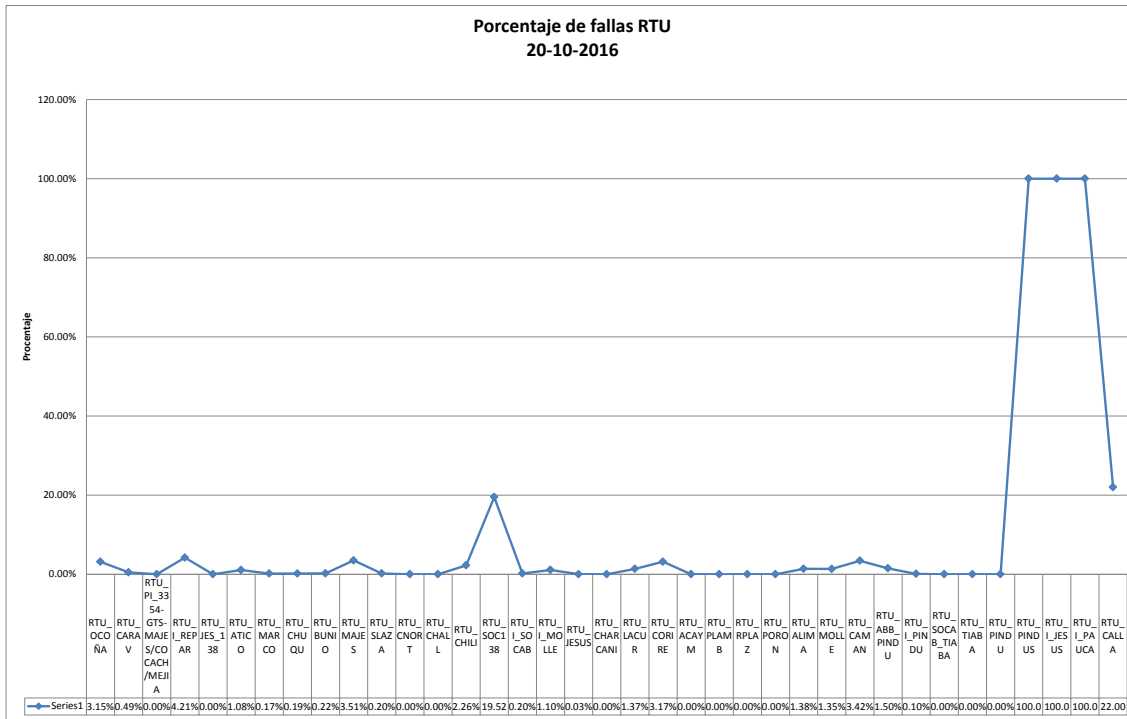
**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 21. Latencias mínimas RTU - 20/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 22. Porcentaje de fallas RTU 20/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

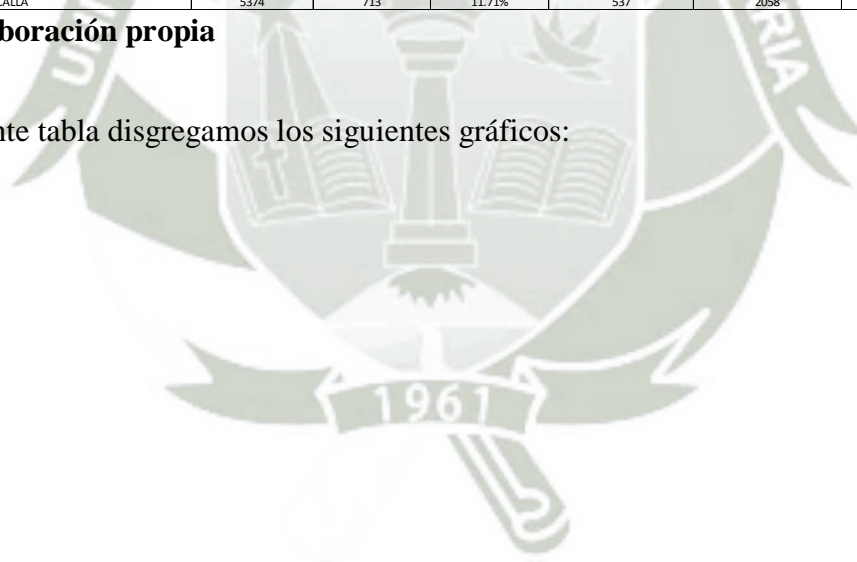
La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 21/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 10. Muestreo del 21/10/2016**

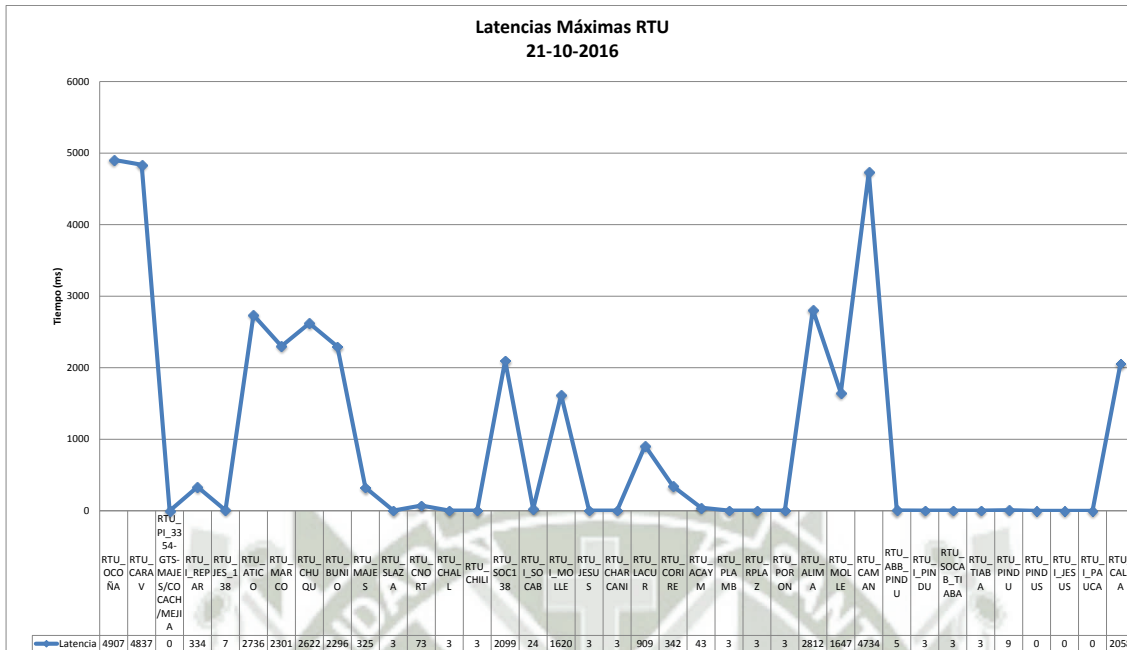
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU OCOÑA	5724	363	5.96%	306	4907	21/10/2016
192.168.125.3	RTU CARAV	6034	54	0.89%	112	4837	21/10/2016
192.168.120.10	RTU PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	6087	0	0.00%	0	0	21/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	6069	18	0.30%	9	334	21/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	6087	0	0.00%	0	7	21/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	6016	71	1.17%	57	2736	21/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	6027	60	0.99%	532	2301	21/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	6025	62	1.02%	533	2622	21/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	6000	87	1.43%	532	2296	21/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	6063	24	0.39%	5	325	21/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	6074	13	0.21%	2	3	21/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	6087	0	0.00%	2	73	21/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	6087	0	0.00%	2	3	21/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	5990	97	1.59%	2	3	21/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	5137	950	15.61%	4	2099	21/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	6073	15	0.25%	2	24	21/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	6070	17	0.28%	8	1620	21/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	6087	0	0.00%	2	3	21/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	6087	0	0.00%	2	3	21/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	6063	24	0.39%	16	909	21/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	6083	4	0.07%	11	342	21/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	6087	0	0.00%	2	43	21/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	6087	0	0.00%	2	3	21/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	6087	0	0.00%	2	3	21/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	6087	0	0.00%	2	3	21/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	6057	30	0.49%	10	2812	21/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	6073	14	0.23%	11	1647	21/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5996	92	1.51%	12	4734	21/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5998	89	1.46%	1	5	21/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	6081	6	0.10%	2	3	21/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	6087	0	0.00%	2	3	21/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	6087	0	0.00%	2	3	21/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	6087	0	0.00%	2	9	21/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6087	100.00%	0	0	21/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6087	100.00%	0	0	21/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	6087	100.00%	0	0	21/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	5374	713	11.71%	537	2058	21/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

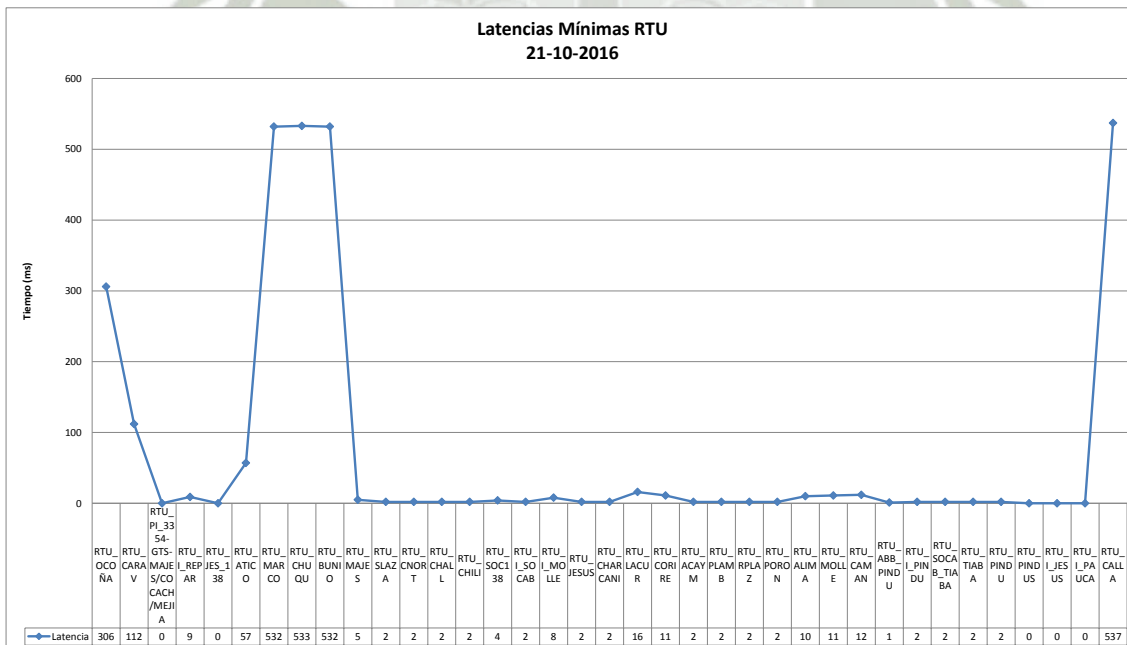


**Gráfico 23. Latencias máximas RTU 21/10/2016**



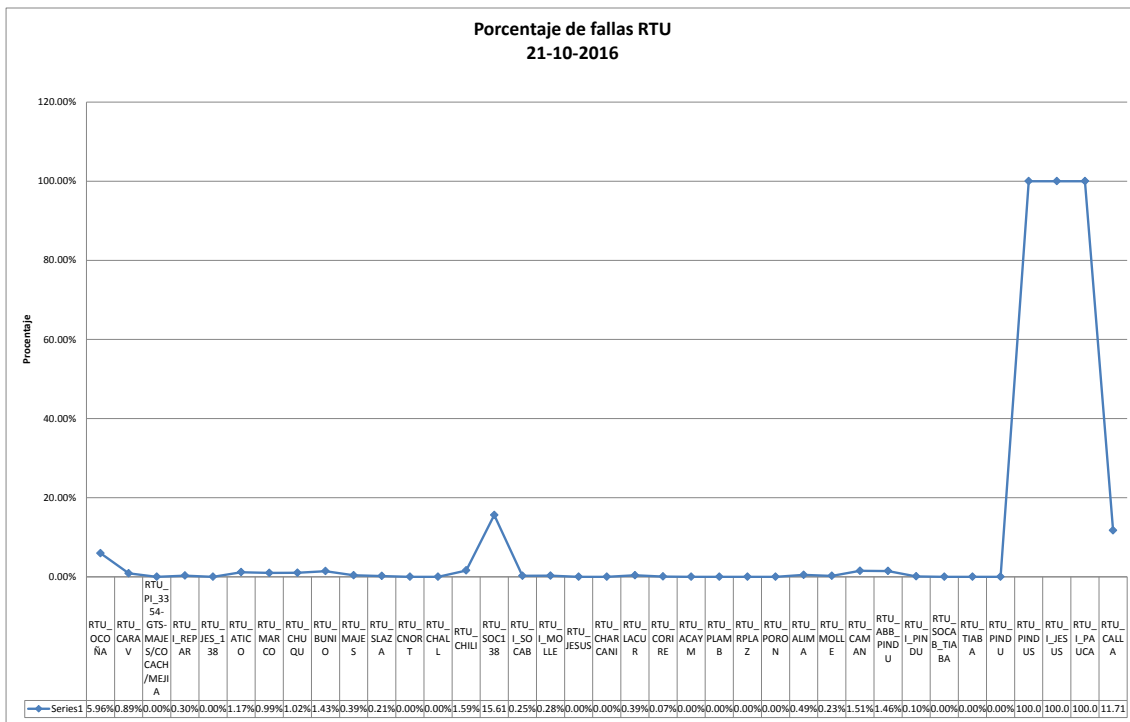
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 24. Latencias mínimas RTU 21/10/2016**



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 25. Porcentaje de fallas RTU- 21/10/2016



Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 24/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Gráfico 26. Muestreo del 24/10/2016**

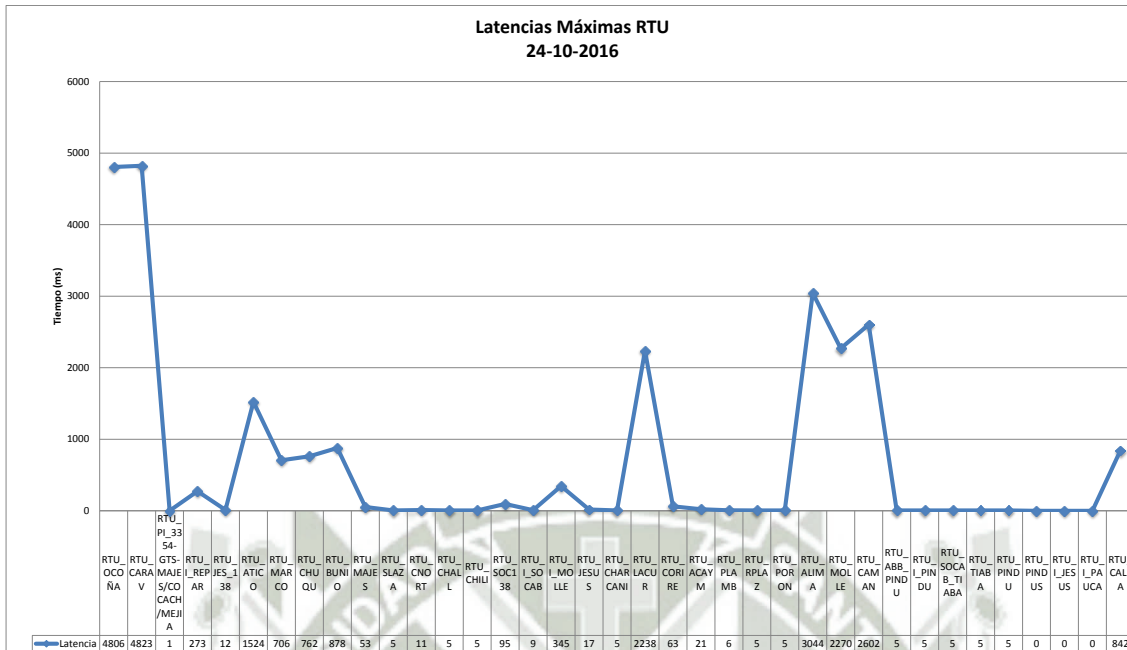
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	5294	727	12.07%	295	4806	24/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	5812	209	3.47%	114	4823	24/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	6021	0	0.00%	0	1	24/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	5881	140	2.33%	9	273	24/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	6021	0	0.00%	0	12	24/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5926	95	1.58%	57	1524	24/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	5980	41	0.68%	532	706	24/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	5982	39	0.65%	534	762	24/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	5984	37	0.61%	535	878	24/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	5877	144	2.39%	5	53	24/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	6002	19	0.32%	1	5	24/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	6019	2	0.03%	1	11	24/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	6021	0	0.00%	1	5	24/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	5941	80	1.33%	1	5	24/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	5745	276	4.58%	2	95	24/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	6009	12	0.20%	1	9	24/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	5931	90	1.49%	8	345	24/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	6019	2	0.03%	1	17	24/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	6021	0	0.00%	1	5	24/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5912	109	1.81%	16	2238	24/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	5894	127	2.11%	11	63	24/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	6021	0	0.00%	1	21	24/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	6021	0	0.00%	1	6	24/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	6021	0	0.00%	0	5	24/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	6021	0	0.00%	0	5	24/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	5929	92	1.53%	10	3044	24/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	5938	83	1.38%	11	2270	24/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	4342	1679	27.89%	12	2602	24/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5916	105	1.74%	1	5	24/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	6017	4	0.07%	1	5	24/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	6021	0	0.00%	0	5	24/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	6021	0	0.00%	0	5	24/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	6021	0	0.00%	1	5	24/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6020	100.00%	0	0	24/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6020	100.00%	0	0	24/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	6020	100.00%	0	0	24/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	4684	1337	22.21%	536	842	24/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

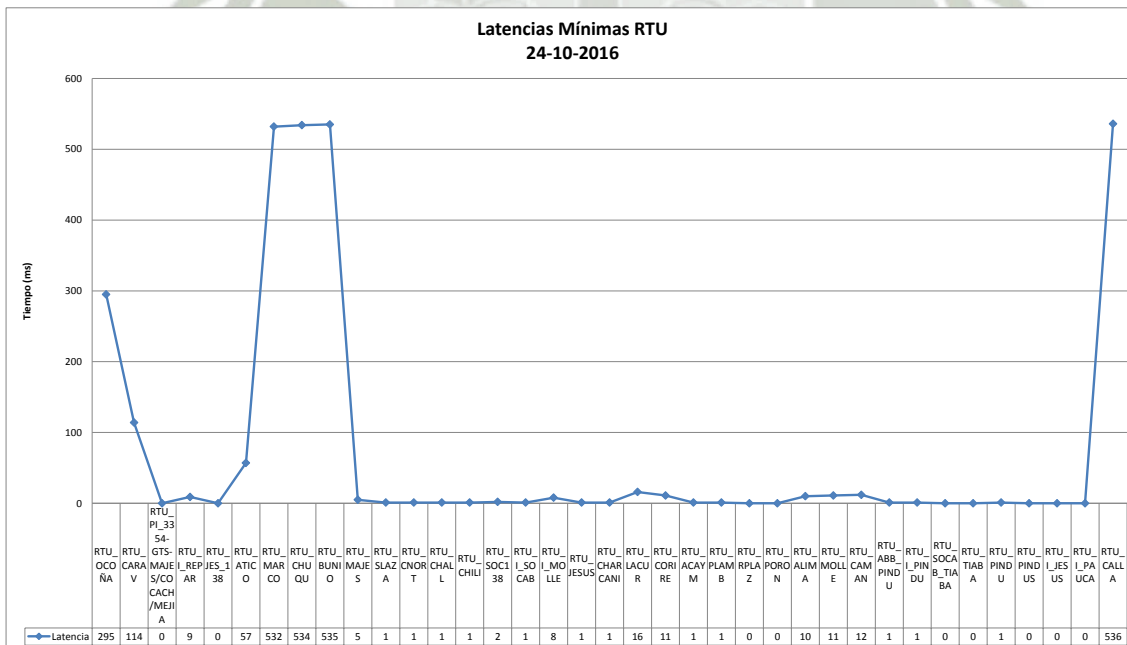


**Gráfico 27. Latencias máximas RTU 24/10/2016**



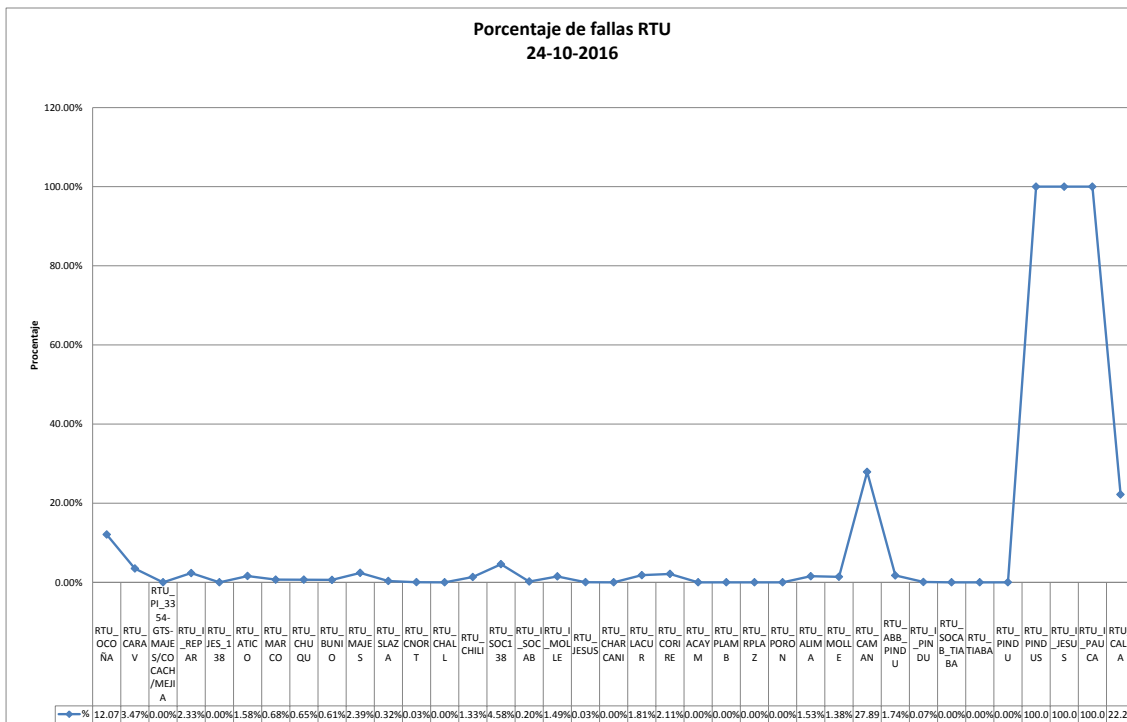
**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 28. Latencias mínimas RTU 24/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 29. Porcentaje de fallas RTU - 24/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 25/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 11. Muestreo del 25/10/2016**

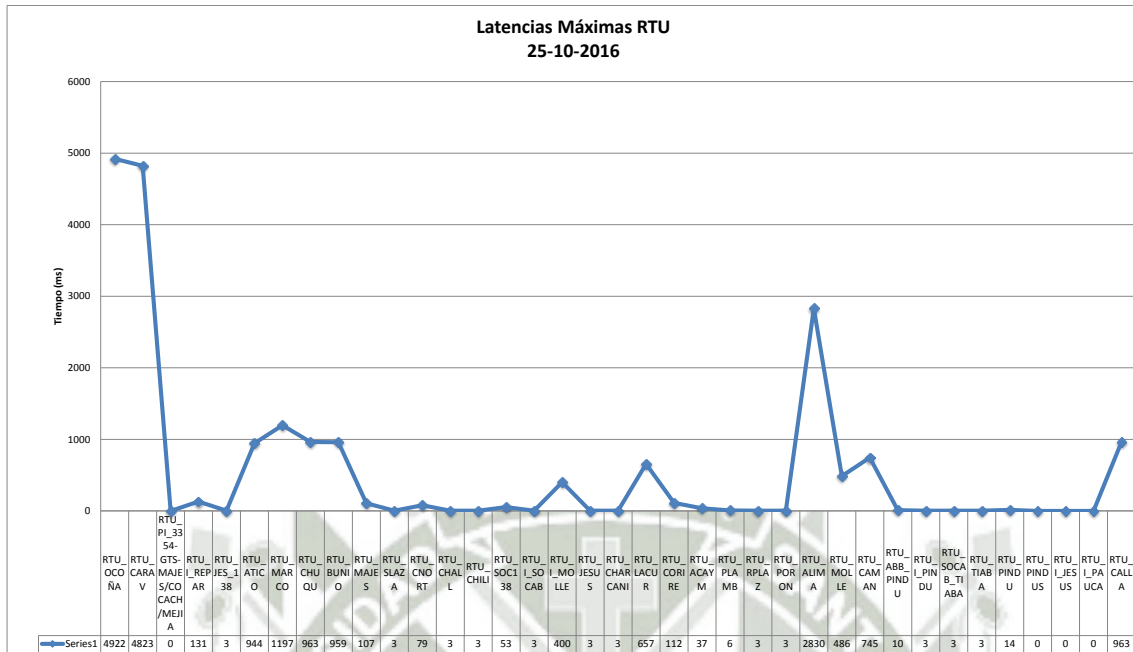
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	2874	2863	49.90%	313	4922	25/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	5716	20	0.35%	115	4823	25/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	5736	0	0.00%	0	0	25/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	5717	19	0.33%	9	131	25/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	5736	0	0.00%	0	3	25/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5634	102	1.78%	58	944	25/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	5713	23	0.40%	535	1197	25/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	5709	27	0.47%	534	963	25/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	5708	28	0.49%	534	959	25/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	5709	27	0.47%	5	107	25/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	5718	18	0.31%	2	3	25/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	5736	0	0.00%	2	79	25/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	5736	0	0.00%	2	3	25/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	5658	78	1.36%	2	3	25/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	5483	253	4.41%	3	53	25/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	5731	5	0.09%	2	3	25/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	5711	25	0.44%	8	400	25/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	5734	2	0.03%	2	3	25/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	5736	0	0.00%	2	3	25/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5347	389	6.78%	16	657	25/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	5688	48	0.84%	10	112	25/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	5736	0	0.00%	2	37	25/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	5736	0	0.00%	2	6	25/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	5736	0	0.00%	2	3	25/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	5736	0	0.00%	2	3	25/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	5649	87	1.52%	10	2830	25/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	5099	637	11.11%	11	486	25/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5695	41	0.71%	12	745	25/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5649	87	1.52%	2	10	25/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	5732	4	0.07%	2	3	25/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	5736	0	0.00%	2	3	25/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	5736	0	0.00%	2	3	25/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	5736	0	0.00%	2	14	25/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	5736	100.00%	0	0	25/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	5736	100.00%	0	0	25/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	5736	100.00%	0	0	25/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	5688	48	0.84%	533	963	25/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:



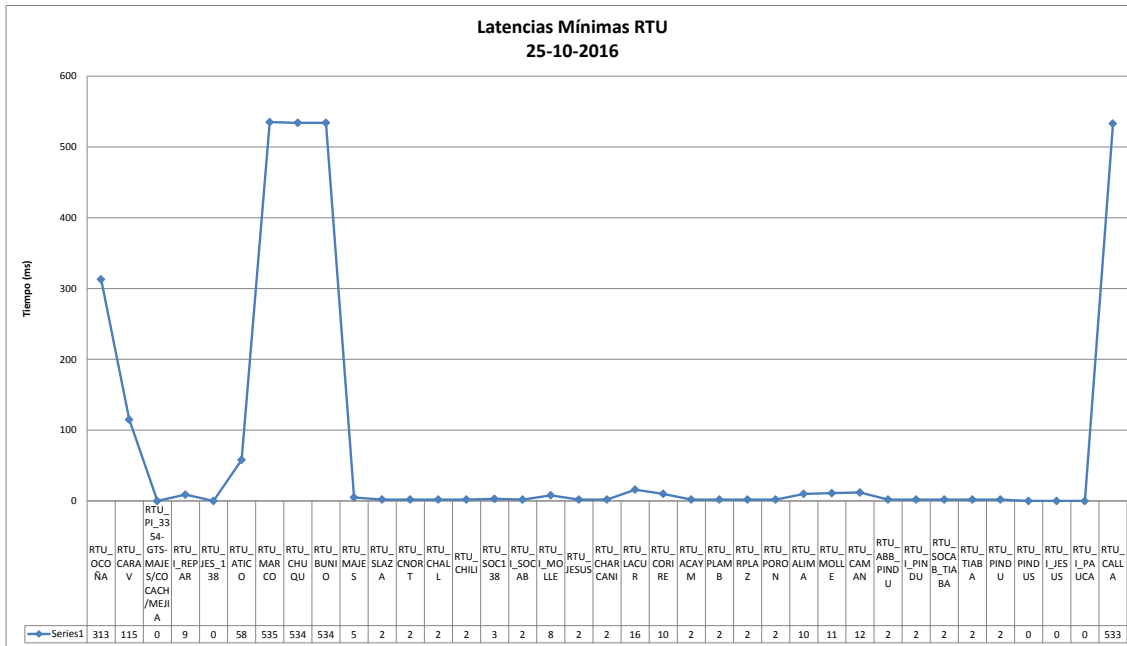
**Gráfico 30. Latencias máximas RTU 25/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**



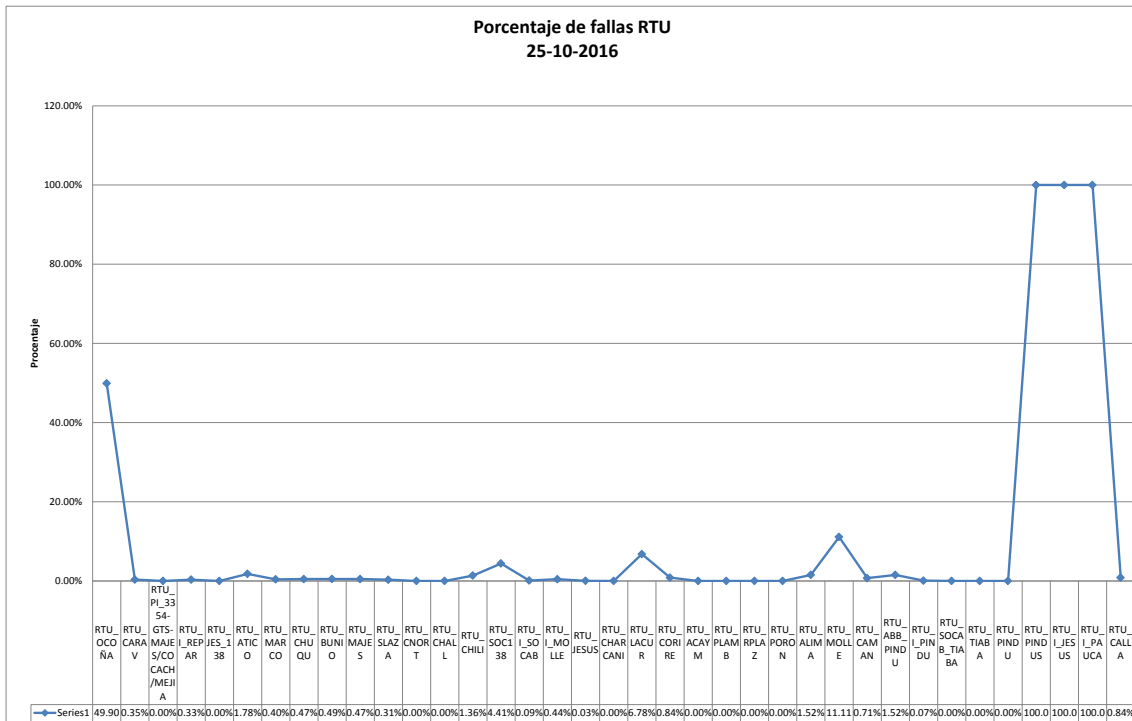
**Gráfico 31. Latencias mínimas RTU 25/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

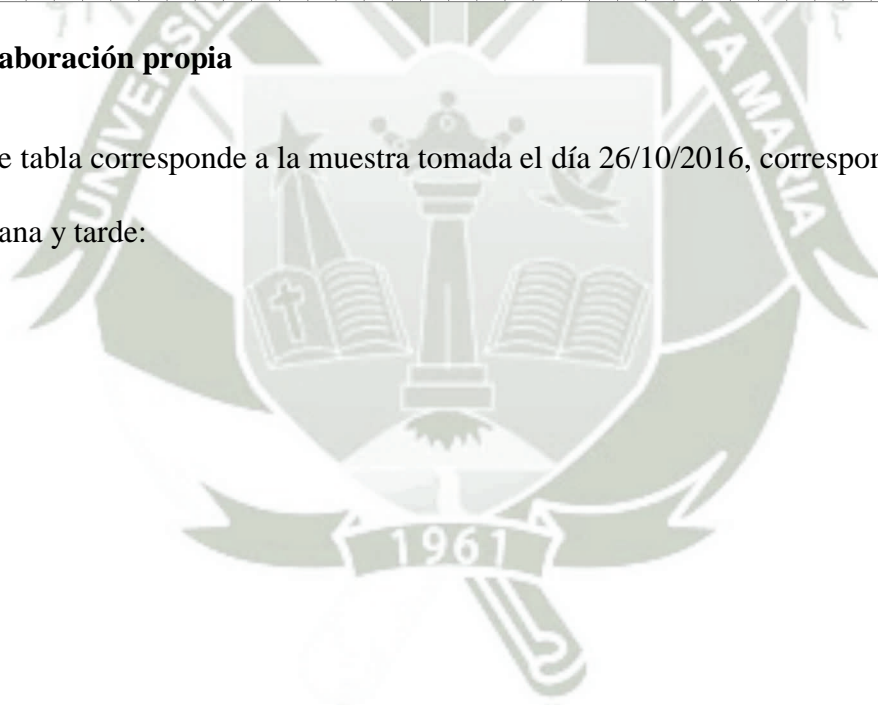
**Gráfico 32. Porcentaje de fallas RTU- 25/10/2016**





**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 26/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:



**Tabla 12. Muestreo del 26/10/2016**

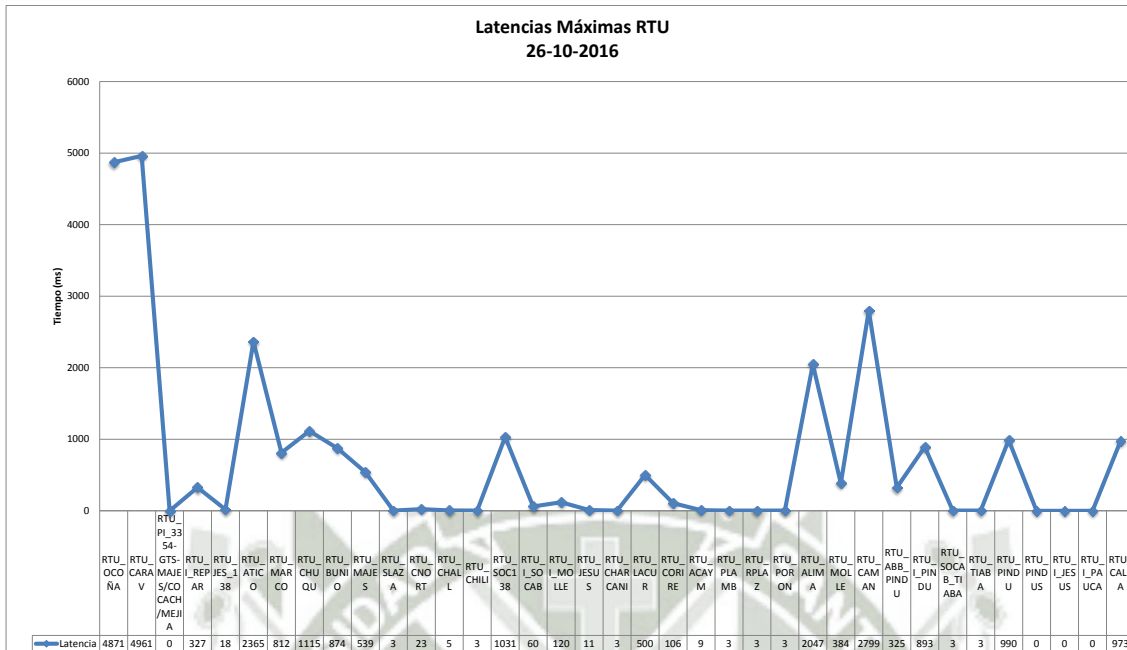
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	7806	394	4.80%	238	4871	26/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	8190	10	0.12%	113	4961	26/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	8200	0	0.00%	0	0	26/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	7437	763	9.30%	9	327	26/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	8200	0	0.00%	0	18	26/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	8081	119	1.45%	57	2365	26/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	8175	25	0.30%	532	812	26/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	8180	20	0.24%	538	1115	26/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	8177	23	0.28%	532	874	26/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	7422	778	9.49%	5	539	26/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	8179	21	0.26%	2	3	26/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	8200	0	0.00%	2	23	26/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	8200	0	0.00%	2	5	26/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	8082	118	1.44%	2	3	26/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	7858	341	4.16%	3	1031	26/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	8131	69	0.84%	2	60	26/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	8170	30	0.37%	8	120	26/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	8200	0	0.00%	2	11	26/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	8194	6	0.07%	2	3	26/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	8162	38	0.46%	16	500	26/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	7463	737	8.99%	10	106	26/10/2016
100.10.20.145	RTU_AAYM	8200	0	0.00%	2	9	26/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	8200	0	0.00%	2	3	26/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	8200	0	0.00%	1	3	26/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	8200	0	0.00%	1	3	26/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	8162	38	0.46%	10	2047	26/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	8167	33	0.40%	11	384	26/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	8064	136	1.66%	12	2799	26/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	7898	301	3.67%	1	325	26/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	7994	205	2.50%	2	893	26/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	8200	0	0.00%	1	3	26/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	8200	0	0.00%	2	3	26/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	7981	218	2.66%	2	990	26/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	8200	100.00%	0	0	26/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	8200	100.00%	0	0	26/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	8200	100.00%	0	0	26/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	8143	57	0.70%	534	973	26/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

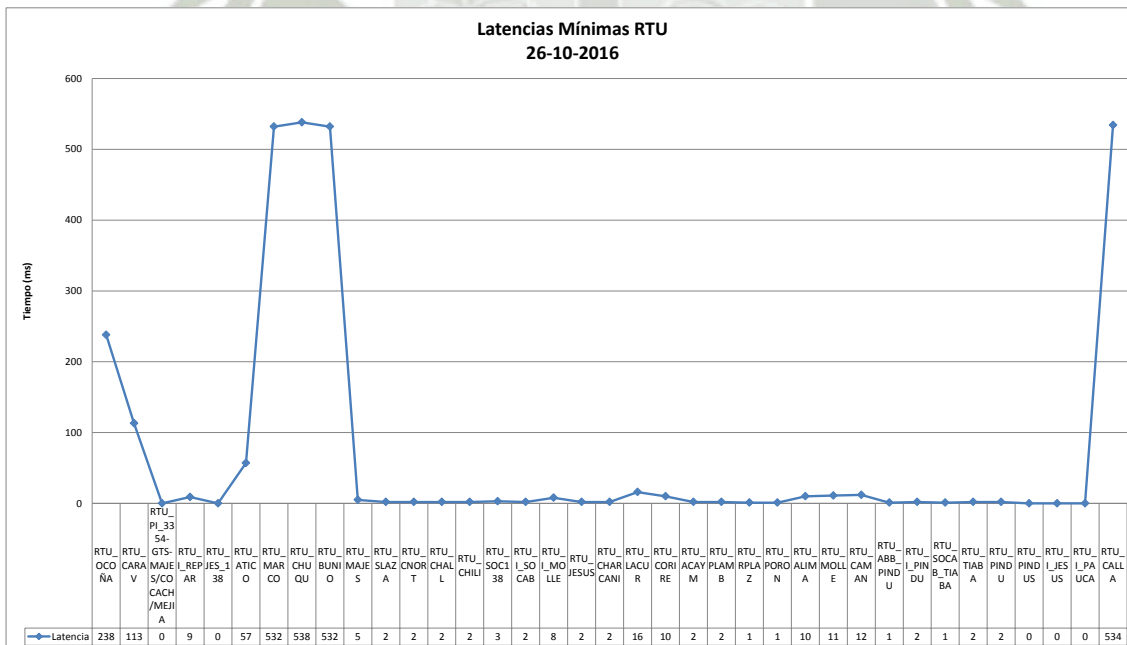


**Gráfico 33. Latencias máximas RTU 26/10/2016**



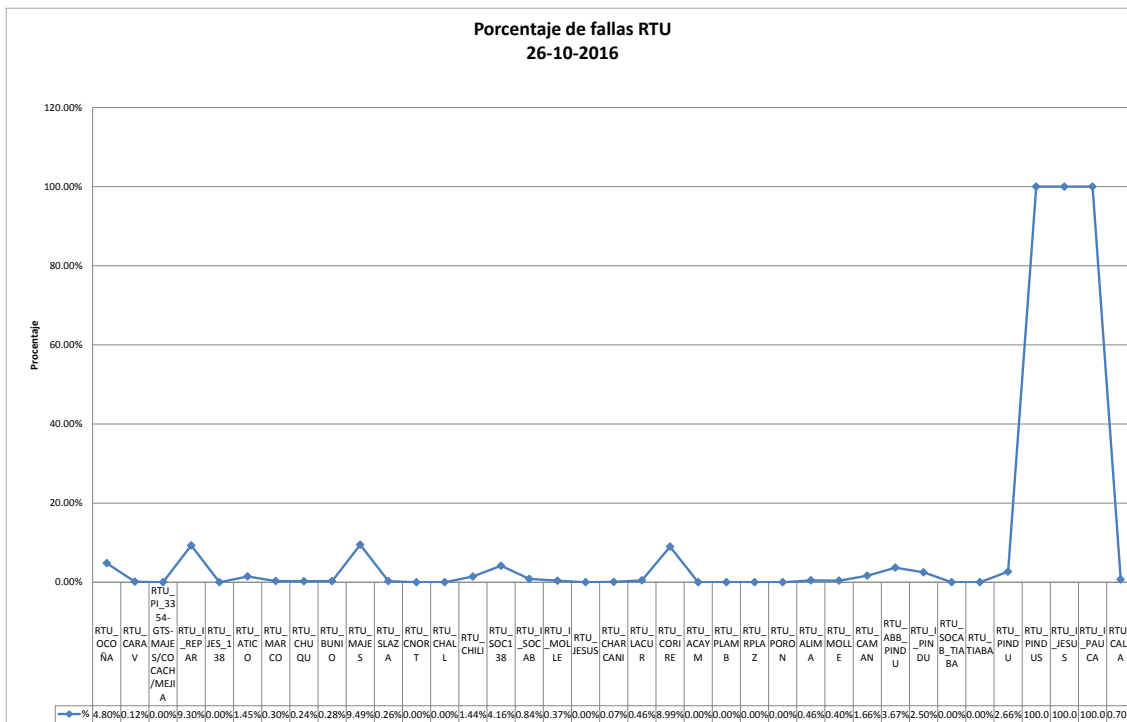
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 34. Latencias mínimas RTU 26/10/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 35. Porcentaje de fallas RTU 26/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 26/10/2016 \*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

**Tabla 13. Muestreo del 26/10/2016\***

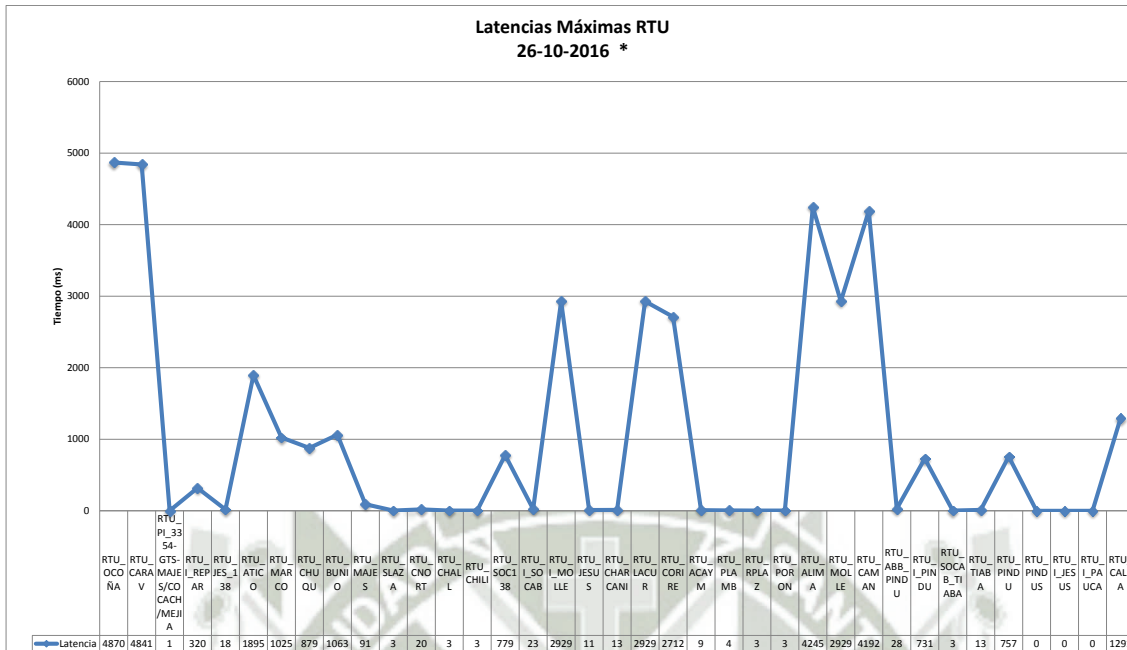
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	12167	2221	15.44%	256	4870	26/10/2016 *
192.168.125.3	RTU_CARAV	14277	111	0.77%	113	4841	26/10/2016 *
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	14388	0	0.00%	0	1	26/10/2016 *
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	14262	126	0.88%	9	320	26/10/2016 *
192.168.78.7	RTU_JES_138	14388	0	0.00%	0	18	26/10/2016 *
172.31.250.16	RTU_ATICO	14168	220	1.53%	57	1895	26/10/2016 *
172.31.249.178	RTU_MARCO	14299	89	0.62%	535	1025	26/10/2016 *
172.31.249.162	RTU_CHUQU	14313	75	0.52%	535	879	26/10/2016 *
172.31.249.147	RTU_BUNIO	14300	88	0.61%	533	1063	26/10/2016 *
100.10.20.246	RTU_MAJES	14266	122	0.85%	5	91	26/10/2016 *
100.10.20.236	RTU_SLAZA	14347	41	0.28%	1	3	26/10/2016 *
100.10.20.231	RTU_CNORT	14388	0	0.00%	1	20	26/10/2016 *
100.10.20.221	RTU_CHALL	14388	0	0.00%	1	3	26/10/2016 *
100.10.20.216	RTU_CHILI	14171	217	1.51%	1	3	26/10/2016 *
100.10.20.213	RTU_SOC138	10730	3658	25.42%	3	779	26/10/2016 *
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	14363	25	0.17%	1	23	26/10/2016 *
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	14315	73	0.51%	8	2929	26/10/2016 *
100.10.20.201	RTU_JESUS	14388	0	0.00%	1	11	26/10/2016 *
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	1961	12427	86.37%	2	13	26/10/2016 *
100.10.20.180	RTU_LACUR	14277	111	0.77%	16	2929	26/10/2016 *
100.10.20.150	RTU_CORIRE	14092	296	2.06%	10	2712	26/10/2016 *
100.10.20.145	RTU_ACAYM	14388	0	0.00%	2	9	26/10/2016 *
100.10.20.140	RTU_PLAMB	14388	0	0.00%	1	4	26/10/2016 *
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	14388	0	0.00%	1	3	26/10/2016 *
100.10.20.130	RTU_PORON	14388	0	0.00%	1	3	26/10/2016 *
100.10.20.126	RTU_ALIMA	14292	96	0.67%	10	4245	26/10/2016 *
100.10.20.122	RTU_MOLLE	14316	72	0.50%	11	2929	26/10/2016 *
100.10.20.116	RTU_CAMAN	14272	116	0.81%	12	4192	26/10/2016 *
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	10890	3498	24.31%	1	28	26/10/2016 *
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	12676	1712	11.90%	1	731	26/10/2016 *
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	14388	0	0.00%	1	3	26/10/2016 *
100.10.20.90	RTU_TIABA	14388	0	0.00%	1	13	26/10/2016 *
100.10.20.27	RTU_PINDU	11305	3084	21.43%	1	757	26/10/2016 *
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	14389	100.00%	0	0	26/10/2016 *
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	14389	100.00%	0	0	26/10/2016 *
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	14389	100.00%	0	0	26/10/2016 *
172.31.249.134	RTU_CALLA	14251	137	0.95%	536	1291	26/10/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

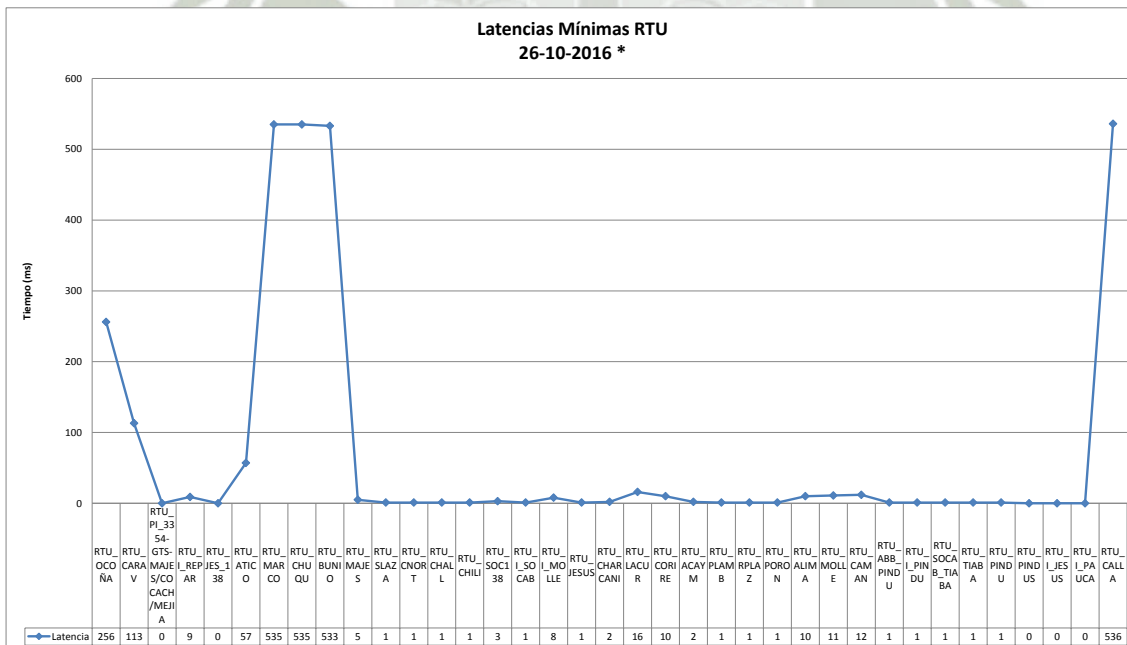


**Gráfico 36. Latencias máximas RTU 26/10/2016\***



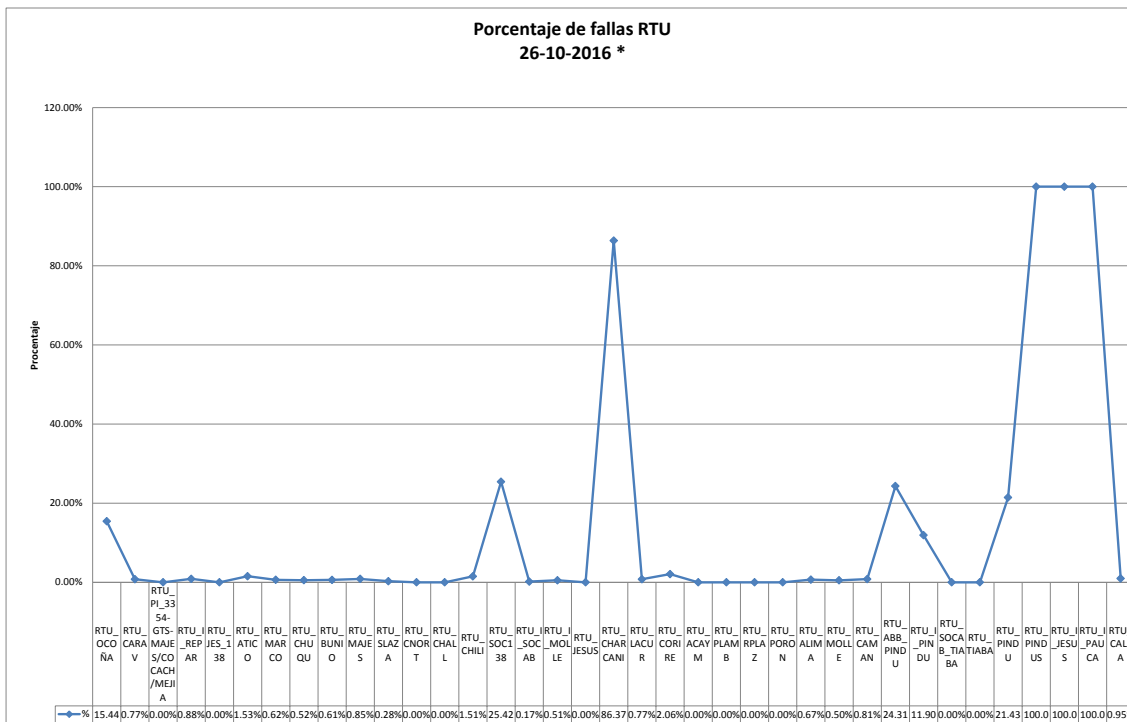
**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 37. Latencias mínimas RTU 26/10/2016\***



**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 38. Porcentaje de fallas RTU 26/10/2016\***



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 27/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 14. Muestreo del 27/10/2016**

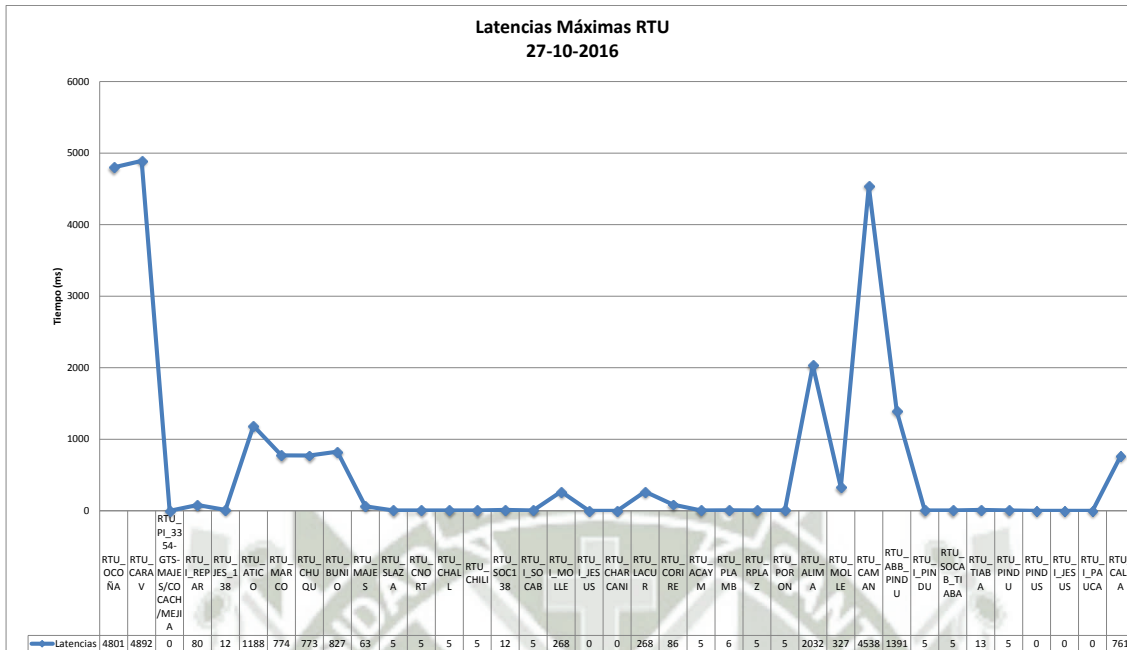
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	5225	832	13.74%	282	4801	27/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	6044	13	0.21%	112	4892	27/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	6057	0	0.00%	0	0	27/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	6027	30	0.50%	9	80	27/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	6057	0	0.00%	0	12	27/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5925	132	2.18%	56	1188	27/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	6012	45	0.74%	534	774	27/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	5762	295	4.87%	536	773	27/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	6015	42	0.69%	534	827	27/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	6020	37	0.61%	5	63	27/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	6049	8	0.13%	1	5	27/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	6057	0	0.00%	1	5	27/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	6056	1	0.02%	2	5	27/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	5990	67	1.11%	1	5	27/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	5888	169	2.79%	3	12	27/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	6049	8	0.13%	1	5	27/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	6053	4	0.07%	8	268	27/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6057	100.00%	0	0	27/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	6057	100.00%	0	0	27/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	6057	0	0.00%	16	268	27/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	5999	58	0.96%	11	86	27/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	6056	1	0.02%	2	5	27/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	6057	0	0.00%	2	6	27/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	6057	0	0.00%	1	5	27/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	6057	0	0.00%	1	5	27/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	6046	11	0.18%	10	2032	27/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	6056	1	0.02%	11	327	27/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	6013	44	0.73%	12	4538	27/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5639	418	6.90%	1	1391	27/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	6053	4	0.07%	1	5	27/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	6057	0	0.00%	1	5	27/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	6057	0	0.00%	1	13	27/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	6057	0	0.00%	1	5	27/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6057	100.00%	0	0	27/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6057	100.00%	0	0	27/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	6057	100.00%	0	0	27/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	6002	55	0.91%	536	761	27/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

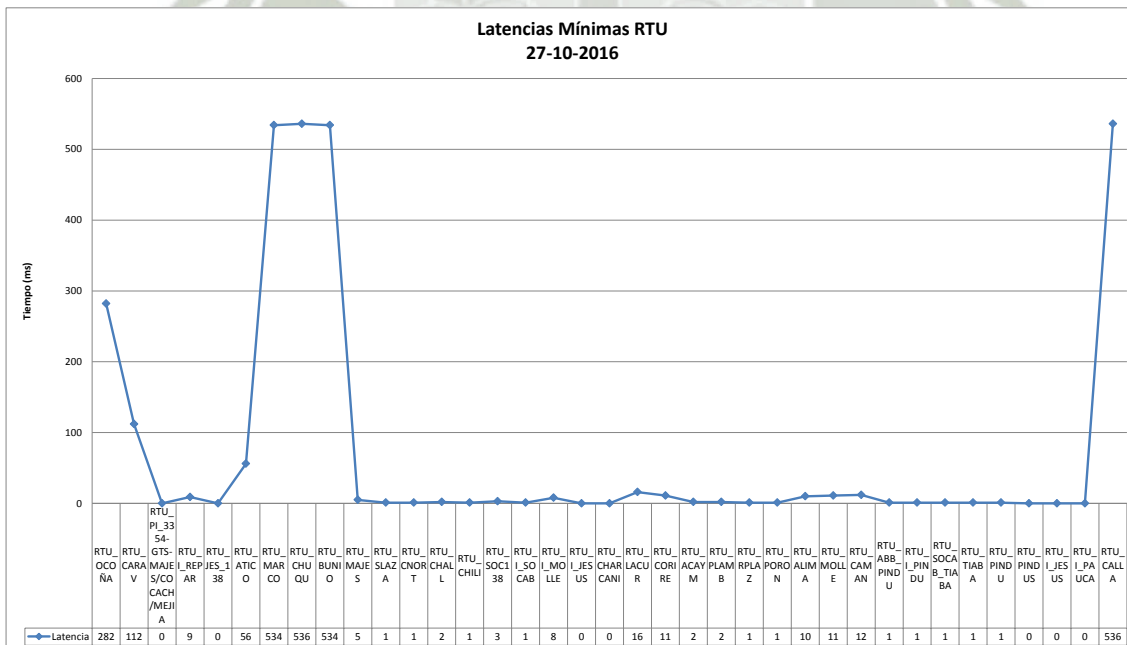


**Gráfico 39. Latencias máximas RTU 27/10/2016**



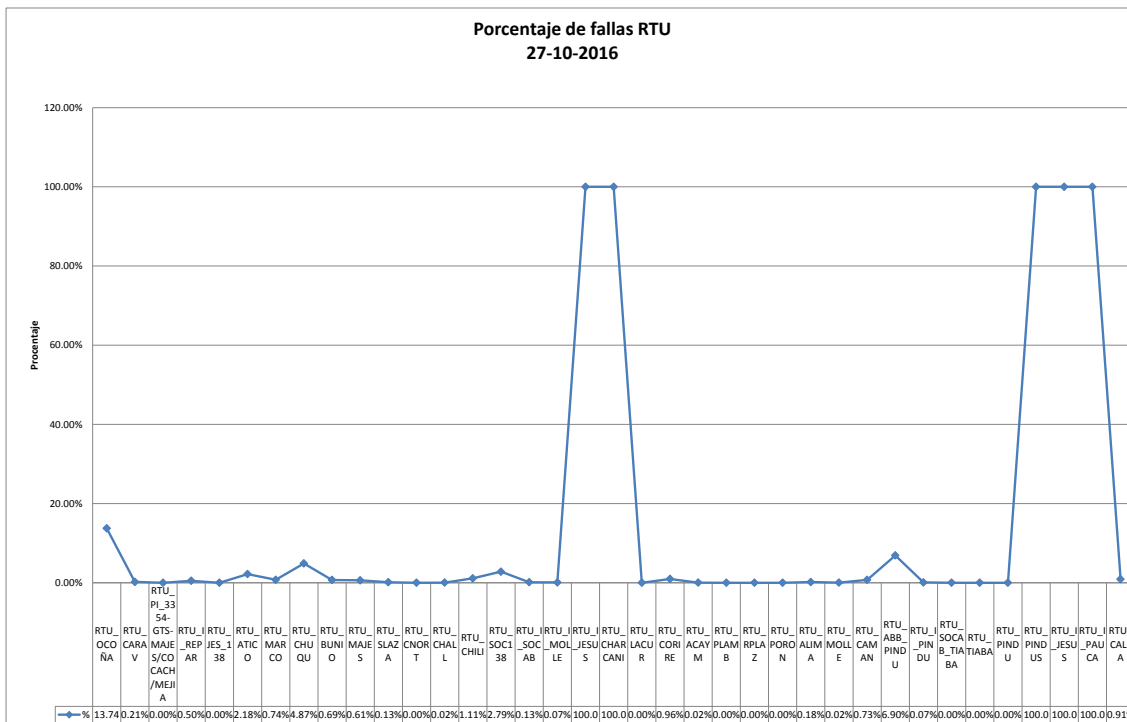
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 40. Latencias mínimas RTU 27/10/2016**



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 41. Porcentaje de fallas RTU 27/10/2016



Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 27/10/2016 \*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

**Tabla 15. Muestreo del 27/10/2016 \***

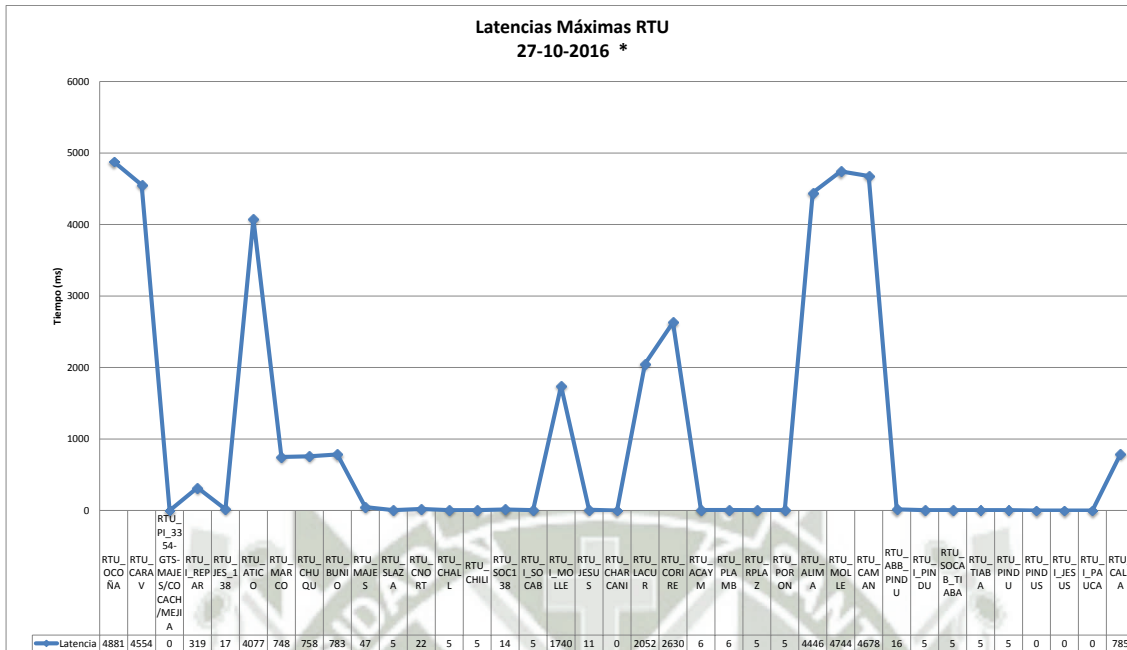
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	7701	741	8.78%	259	4881	27/10/2016 *
192.168.125.3	RTU_CARAV	8434	8	0.09%	112	4554	27/10/2016 *
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	8443	0	0.00%	0	0	27/10/2016 *
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	8415	28	0.33%	9	319	27/10/2016 *
192.168.78.7	RTU_JES_138	8443	0	0.00%	0	17	27/10/2016 *
172.31.250.16	RTU_ATICO	8350	93	1.10%	57	4077	27/10/2016 *
172.31.249.178	RTU_MARCO	8431	11	0.13%	533	748	27/10/2016 *
172.31.249.162	RTU_CHUQU	8429	13	0.15%	534	758	27/10/2016 *
172.31.249.147	RTU_BUNIO	8430	12	0.14%	534	783	27/10/2016 *
100.10.20.246	RTU_MAJES	8393	50	0.59%	5	47	27/10/2016 *
100.10.20.236	RTU_SLAZA	8435	8	0.09%	2	5	27/10/2016 *
100.10.20.231	RTU_CNORT	8443	0	0.00%	2	22	27/10/2016 *
100.10.20.221	RTU_CHALL	8443	0	0.00%	2	5	27/10/2016 *
100.10.20.216	RTU_CHILI	8375	68	0.81%	2	5	27/10/2016 *
100.10.20.213	RTU_SOC138	8305	138	1.63%	3	14	27/10/2016 *
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	8433	10	0.12%	2	5	27/10/2016 *
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	8183	260	3.08%	8	1740	27/10/2016 *
100.10.20.201	RTU_JESUS	8443	0	0.00%	2	11	27/10/2016 *
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	8442	100.00%	0	0	27/10/2016 *
100.10.20.180	RTU_LACUR	8192	251	2.97%	16	2052	27/10/2016 *
100.10.20.150	RTU_CORIRE	8395	48	0.57%	10	2630	27/10/2016 *
100.10.20.145	RTU_ACAYM	8443	0	0.00%	2	6	27/10/2016 *
100.10.20.140	RTU_PLAMB	8443	0	0.00%	2	6	27/10/2016 *
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	8443	0	0.00%	1	5	27/10/2016 *
100.10.20.130	RTU_PORON	8443	0	0.00%	1	5	27/10/2016 *
100.10.20.126	RTU_ALIMA	8187	256	3.03%	10	4446	27/10/2016 *
100.10.20.122	RTU_MOLLE	8190	253	3.00%	11	4744	27/10/2016 *
100.10.20.116	RTU_CAMAN	8024	419	4.96%	12	4678	27/10/2016 *
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	8280	163	1.93%	4	16	27/10/2016 *
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	8413	30	0.36%	2	5	27/10/2016 *
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	8443	0	0.00%	1	5	27/10/2016 *
100.10.20.90	RTU_TIABA	8443	0	0.00%	2	5	27/10/2016 *
100.10.20.27	RTU_PINDU	8443	0	0.00%	2	5	27/10/2016 *
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	8442	100.00%	0	0	27/10/2016 *
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	8442	100.00%	0	0	27/10/2016 *
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	8442	100.00%	0	0	27/10/2016 *
172.31.249.134	RTU_CALLA	8390	52	0.62%	537	785	27/10/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

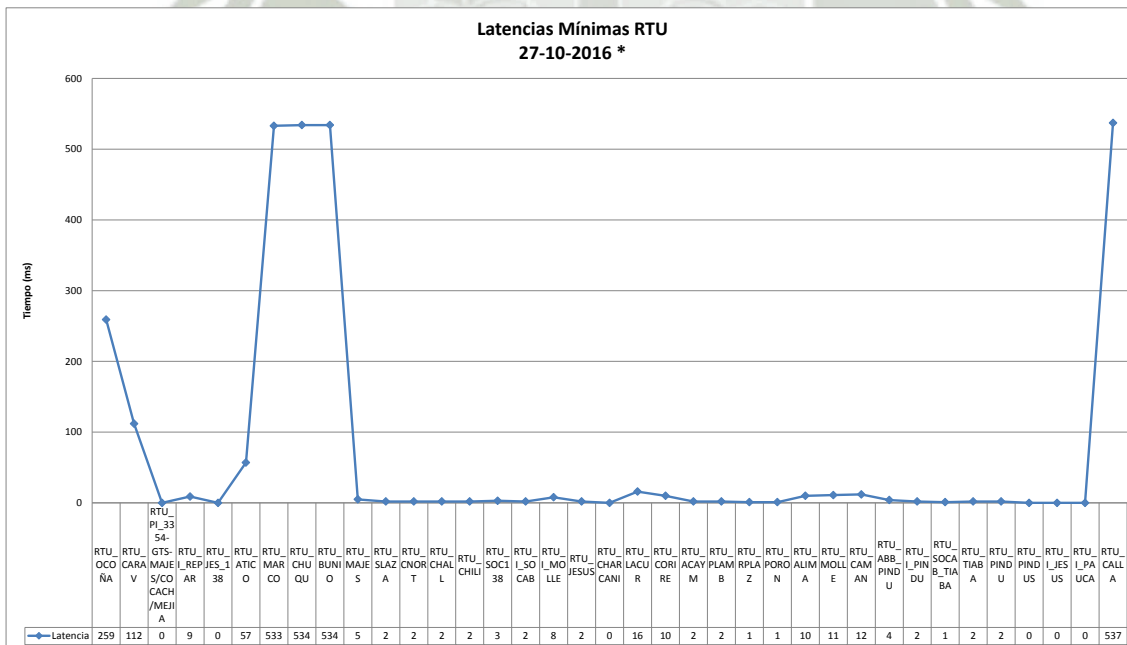


Gráfico 42. Latencias máximas RTU 27/10/2016\*



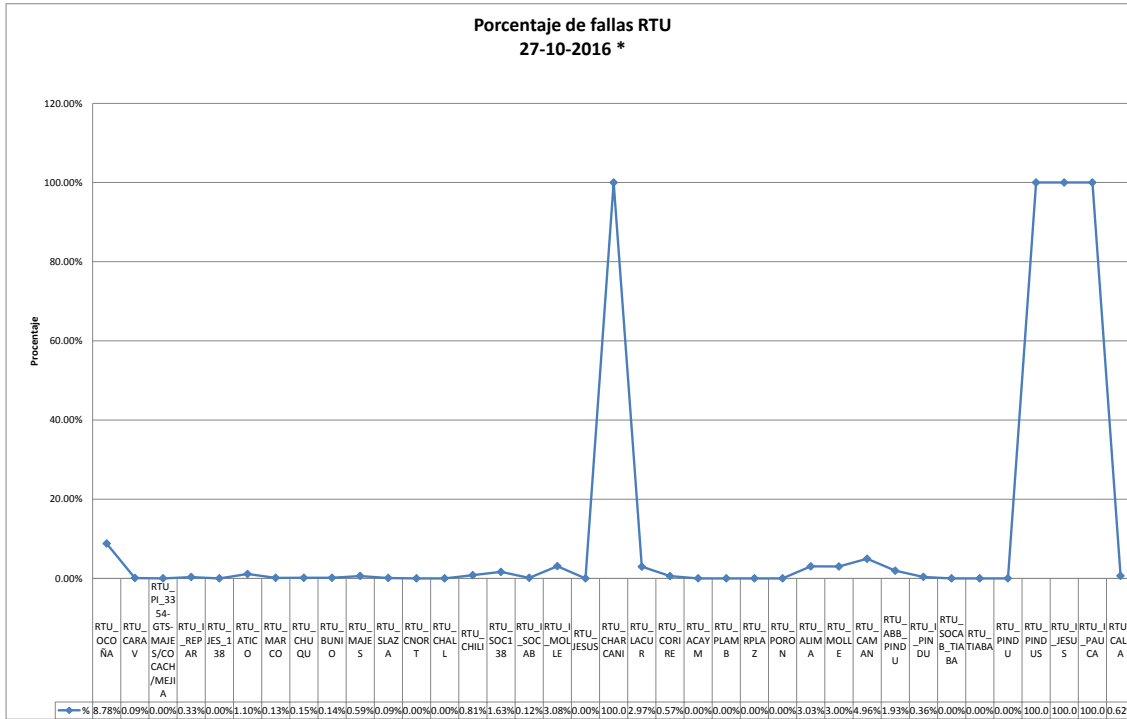
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 43. Latencias mínimas RTU 27/10/2016 \*



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 44. Porcentaje de fallas RTU 27/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 28/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 16. Muestreo del 28/10/2016**

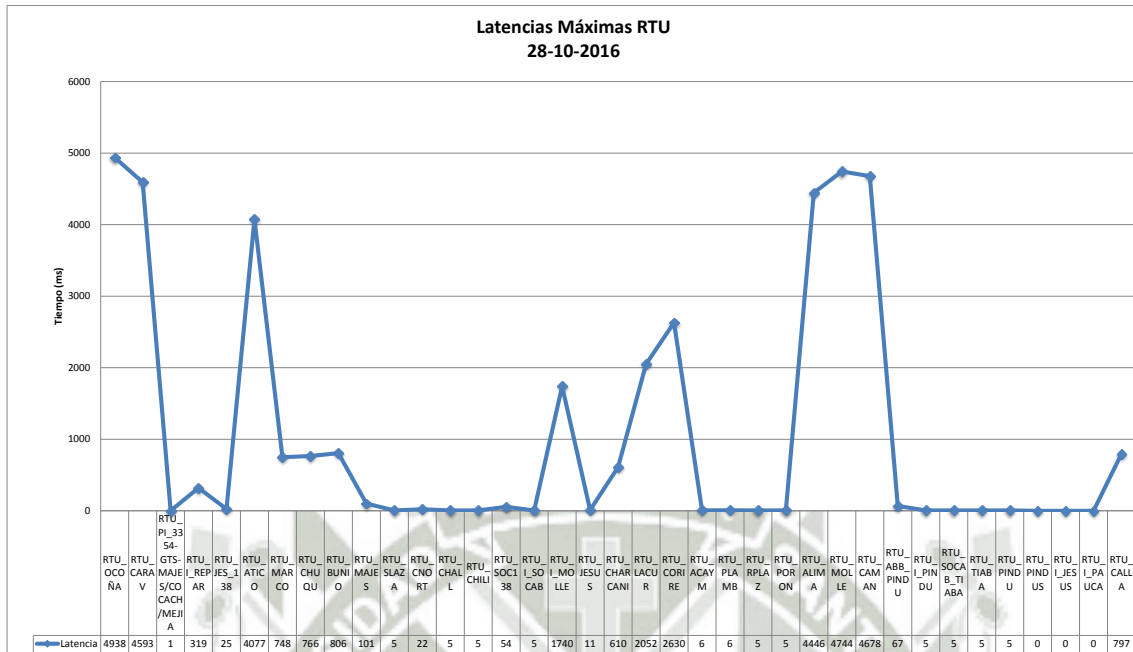
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	13423	1257	8.56%	259	4938	28/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	14659	21	0.14%	112	4593	28/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	14680	0	0.00%	0	1	28/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	14520	160	1.09%	9	319	28/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	14680	0	0.00%	0	25	28/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	14394	286	1.95%	57	4077	28/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	14641	39	0.27%	533	748	28/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	14647	33	0.22%	534	766	28/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	14646	34	0.23%	533	806	28/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	14462	218	1.49%	5	101	28/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	14667	13	0.09%	1	5	28/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	14680	0	0.00%	1	22	28/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	14680	0	0.00%	1	5	28/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	14534	146	0.99%	1	5	28/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	14393	287	1.96%	2	54	28/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	14659	21	0.14%	1	5	28/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	14377	303	2.06%	8	1740	28/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	14679	1	0.01%	1	11	28/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	3814	10866	74.02%	2	610	28/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	14388	292	1.99%	16	2052	28/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	14405	275	1.87%	10	2630	28/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	14680	0	0.00%	1	6	28/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	14680	0	0.00%	1	6	28/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	14680	0	0.00%	0	5	28/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	14680	0	0.00%	0	5	28/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	14372	308	2.10%	10	4446	28/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	14372	308	2.10%	11	4744	28/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	14216	464	3.16%	12	4678	28/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	14367	313	2.13%	4	67	28/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	14645	35	0.24%	1	5	28/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	14680	0	0.00%	0	5	28/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	14680	0	0.00%	0	5	28/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	14680	0	0.00%	1	5	28/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	14679	100.00%	0	0	28/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	14679	100.00%	0	0	28/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	14679	100.00%	0	0	28/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	14581	99	0.67%	535	797	28/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:



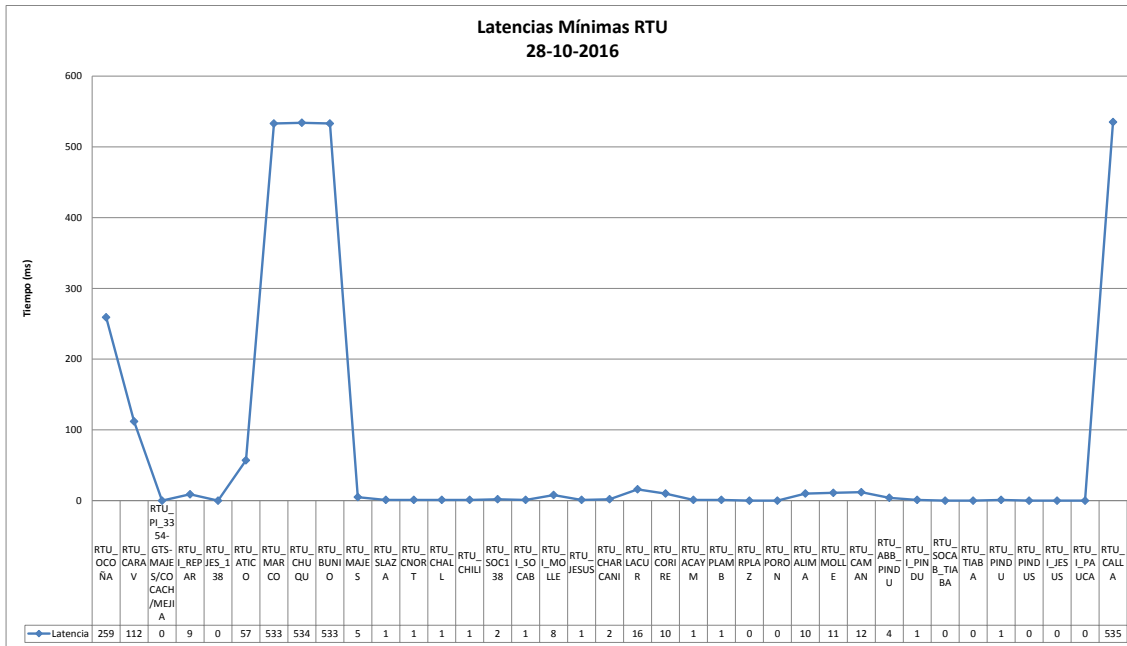
**Gráfico 45. Latencias máximas RTU 28/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**



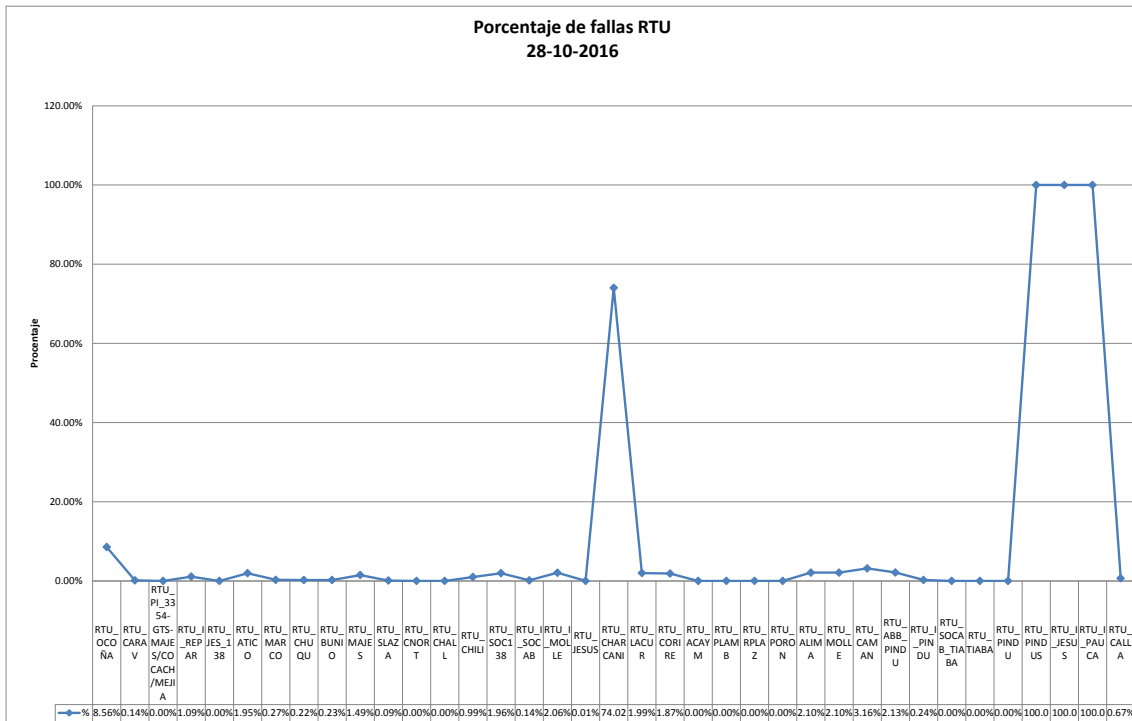
**Gráfico 46. Latencias mínimas 28/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 47. Porcentaje de fallas RTU - 28/10/2016**





**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 29-30/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 17. Muestreo del 29 y 30 del 10/2016**

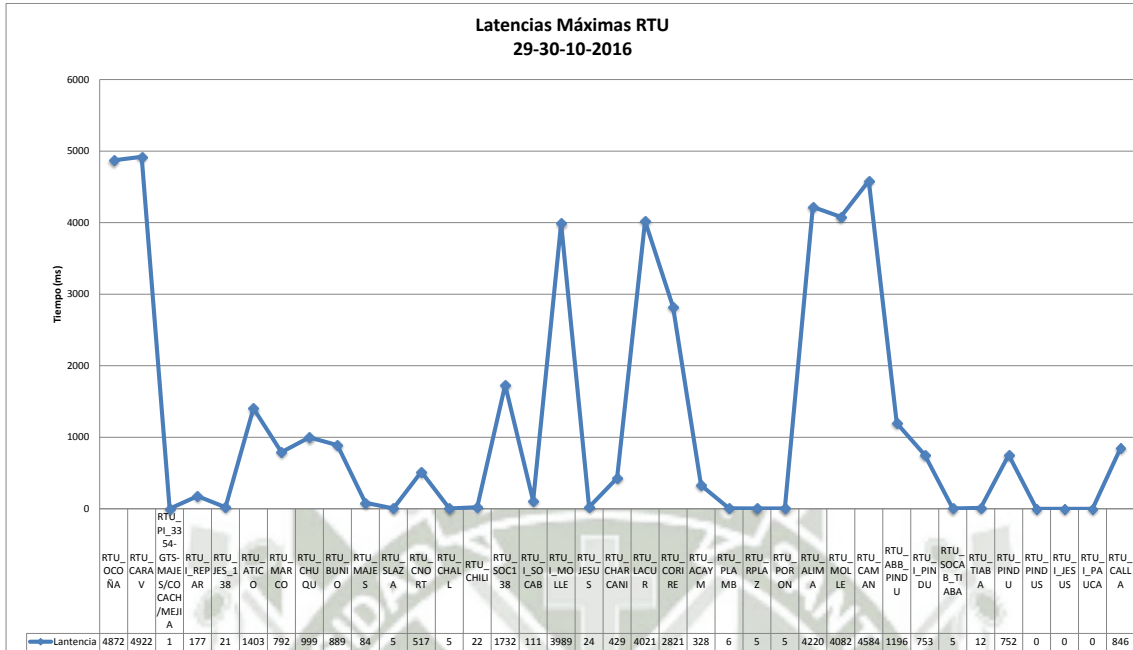
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	30567	6300	17.09%	243	4872	29-30/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	30452	6415	17.40%	110	4922	29-30/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	36867	0	0.00%	0	1	29-30/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	33695	3172	8.60%	9	177	29-30/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	36867	0	0.00%	0	21	29-30/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	36577	290	0.79%	57	1403	29-30/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	36778	89	0.24%	531	792	29-30/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	31217	5650	15.33%	533	999	29-30/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	36772	95	0.26%	533	889	29-30/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	34229	2638	7.16%	4	84	29-30/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	36823	44	0.12%	1	5	29-30/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	36859	8	0.02%	1	517	29-30/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	36864	3	0.01%	1	5	29-30/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	36489	378	1.03%	1	22	29-30/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	33502	3365	9.13%	2	1732	29-30/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	36800	67	0.18%	1	111	29-30/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	35916	951	2.58%	8	3989	29-30/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	36865	2	0.01%	1	24	29-30/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	29096	7770	21.08%	1	429	29-30/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	30136	6731	18.26%	16	4021	29-30/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	28499	8368	22.70%	10	2821	29-30/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	36858	9	0.02%	1	328	29-30/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	36866	1	0.00%	1	6	29-30/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	36866	1	0.00%	0	5	29-30/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	36866	1	0.00%	0	5	29-30/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	35878	989	2.68%	10	4220	29-30/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	35910	957	2.60%	11	4082	29-30/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	33855	3012	8.17%	12	4584	29-30/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	33207	3660	9.93%	4	1196	29-30/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	34350	2517	6.83%	1	753	29-30/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	36866	1	0.00%	0	5	29-30/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	36866	1	0.00%	0	12	29-30/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	34275	2592	7.03%	1	752	29-30/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	36866	100.00%	0	0	29-30/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	36866	100.00%	0	0	29-30/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	36866	100.00%	0	0	29-30/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	36632	235	0.64%	533	846	29-30/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

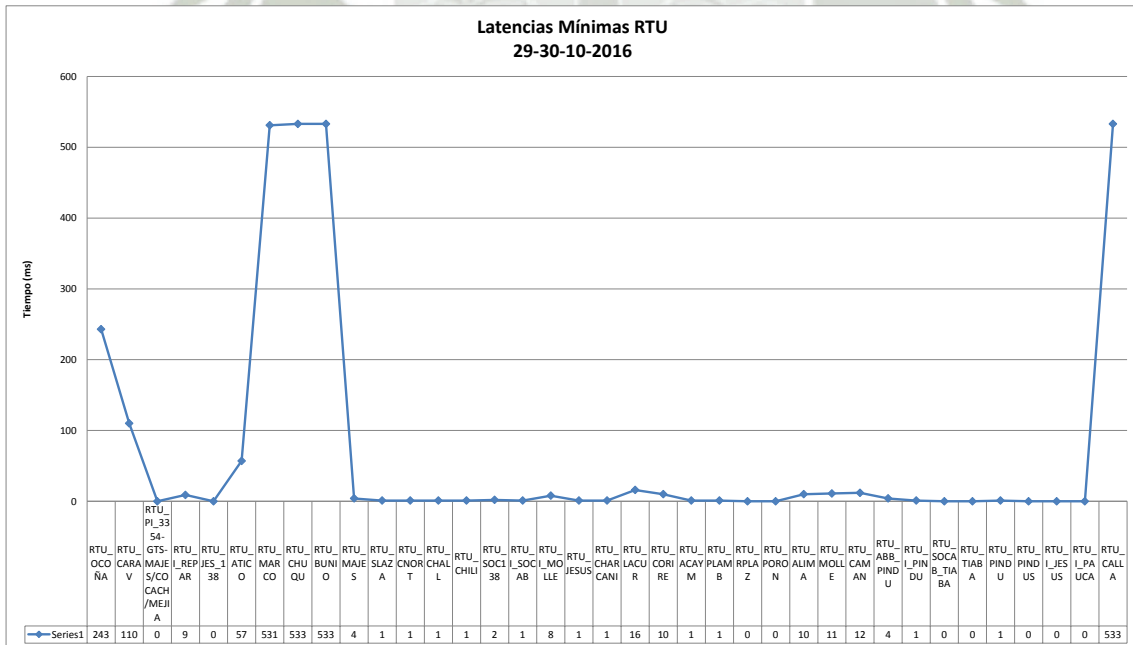


**Gráfico 48. Latencias máximas RTU del 29 y 30 del 10/2016**



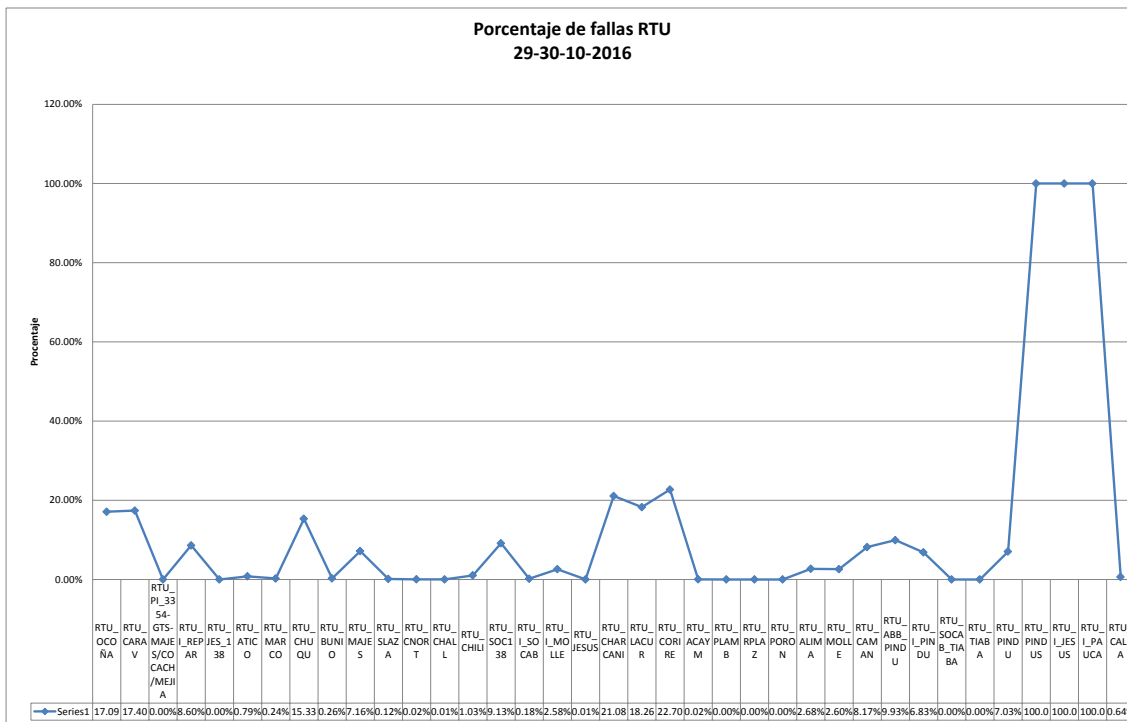
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 49. Latencias mínimas del 29 y 30 del 10 /2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 50. Porcentaje de fallas RTU del 29 y 30 del 10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 31/10/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 18. Muestreo del 31/10/2016**

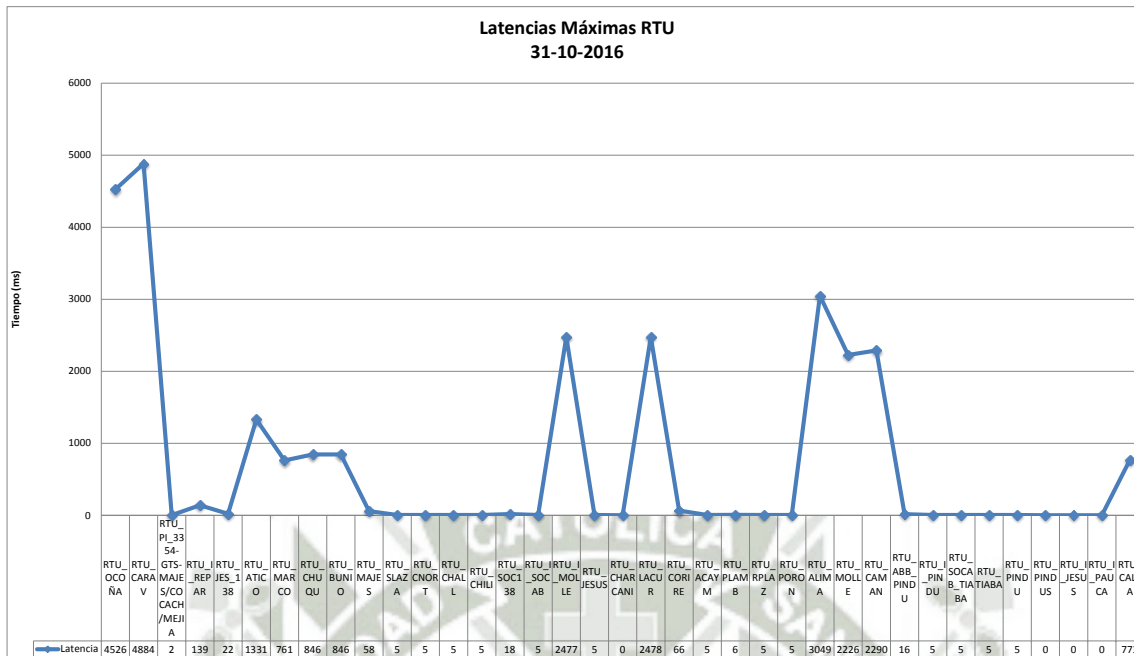
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	5743	510	8.16%	269	4526	31/10/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	6150	103	1.65%	110	4884	31/10/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	6242	11	0.18%	0	2	31/10/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	6222	31	0.50%	9	139	31/10/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	6253	0	0.00%	0	22	31/10/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	6166	87	1.39%	57	1331	31/10/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	6237	16	0.26%	532	761	31/10/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	6236	17	0.27%	535	846	31/10/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	6238	15	0.24%	534	846	31/10/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	6229	24	0.38%	4	58	31/10/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	6235	18	0.29%	1	5	31/10/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	6253	0	0.00%	1	5	31/10/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	6253	0	0.00%	1	5	31/10/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	6159	94	1.50%	1	5	31/10/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	6233	20	0.32%	2	18	31/10/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	6249	4	0.06%	1	5	31/10/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	6059	194	3.10%	8	2477	31/10/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	6238	15	0.24%	0	5	31/10/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	6253	100.00%	0	0	31/10/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	6067	186	2.97%	16	2478	31/10/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	6253	0	0.00%	10	66	31/10/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	6253	0	0.00%	1	5	31/10/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	6253	0	0.00%	1	6	31/10/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	6253	0	0.00%	0	5	31/10/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	6253	0	0.00%	0	5	31/10/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	6043	210	3.36%	10	3049	31/10/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	6061	192	3.07%	11	2226	31/10/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	6053	200	3.20%	12	2290	31/10/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	6213	40	0.64%	4	16	31/10/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	6253	0	0.00%	1	5	31/10/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	6253	0	0.00%	0	5	31/10/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	6253	0	0.00%	0	5	31/10/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	6253	0	0.00%	0	5	31/10/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6253	100.00%	0	0	31/10/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6253	100.00%	0	0	31/10/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	6253	100.00%	0	0	31/10/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	6227	26	0.42%	535	773	31/10/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

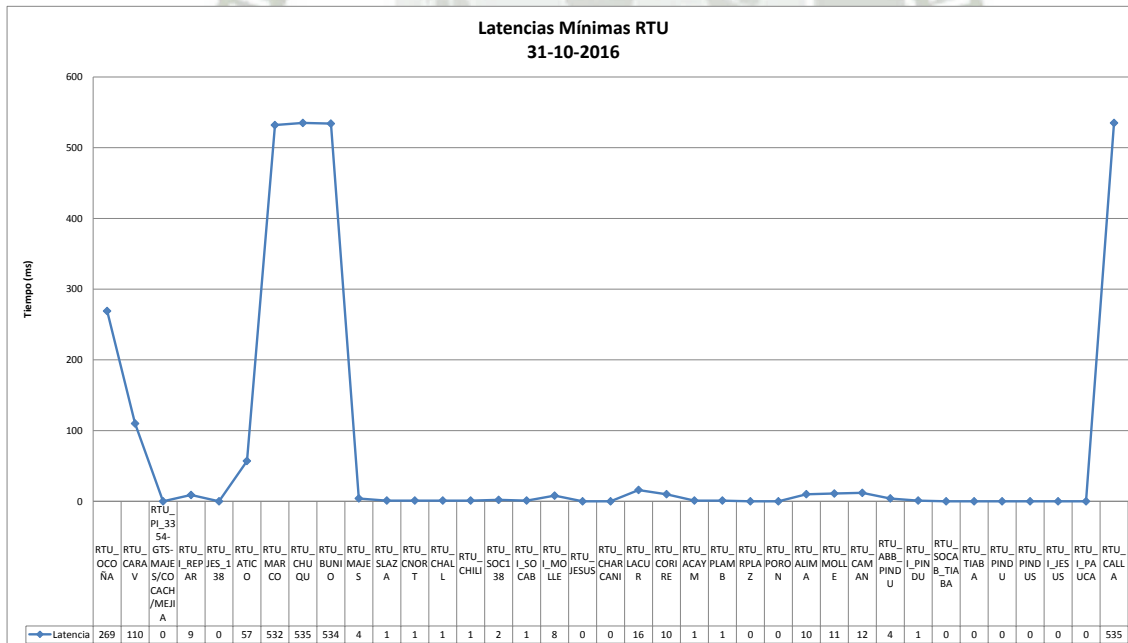


**Gráfico 51. Latencias máximas 31/10/2016**



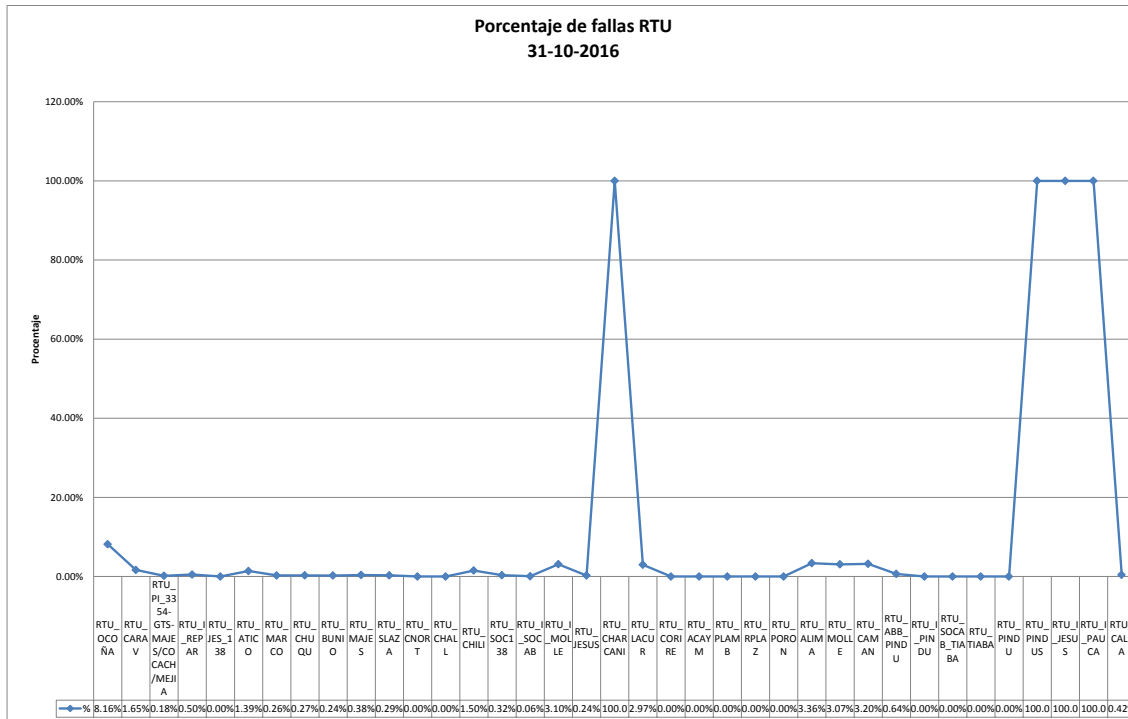
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 52. Latencias mínimas RTU 31/10/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 53. Porcentaje de fallas RTU 31/10/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 03/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 19. Muestreo del 03/11/2016**

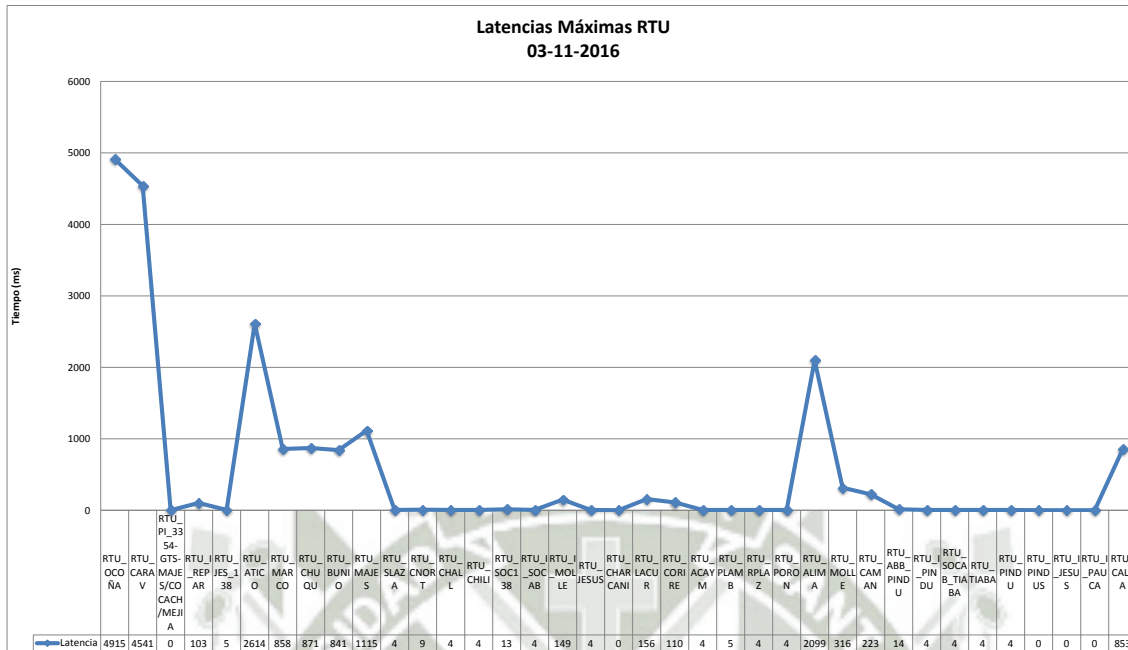
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	6128	297	4.62%	235	4915	03/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	6371	54	0.84%	111	4541	03/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	6424	1	0.02%	0	0	03/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	6289	136	2.12%	9	103	03/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	6425	0	0.00%	0	5	03/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	6313	112	1.74%	57	2614	03/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	6405	20	0.31%	533	858	03/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	6409	16	0.25%	536	871	03/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	6407	18	0.28%	532	841	03/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	6273	152	2.37%	5	1115	03/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	6418	7	0.11%	2	4	03/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	6425	0	0.00%	2	9	03/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	6425	0	0.00%	2	4	03/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	6344	81	1.26%	2	4	03/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	6410	15	0.23%	3	13	03/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	6397	28	0.44%	2	4	03/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	6398	27	0.42%	8	149	03/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	6425	0	0.00%	2	4	03/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	6424	100.00%	0	0	03/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	6401	24	0.37%	16	156	03/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	6317	108	1.68%	10	110	03/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	6425	0	0.00%	2	4	03/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	6425	0	0.00%	2	5	03/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	6425	0	0.00%	2	4	03/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	6425	0	0.00%	2	4	03/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	6373	52	0.81%	10	2099	03/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	6398	27	0.42%	11	316	03/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5986	439	6.83%	12	223	03/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	6400	25	0.39%	4	14	03/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	6425	0	0.00%	2	4	03/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	6425	0	0.00%	2	4	03/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	6425	0	0.00%	2	4	03/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	6422	3	0.05%	2	4	03/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6424	100.00%	0	0	03/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6424	100.00%	0	0	03/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	6424	100.00%	0	0	03/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	6156	268	4.17%	534	853	03/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

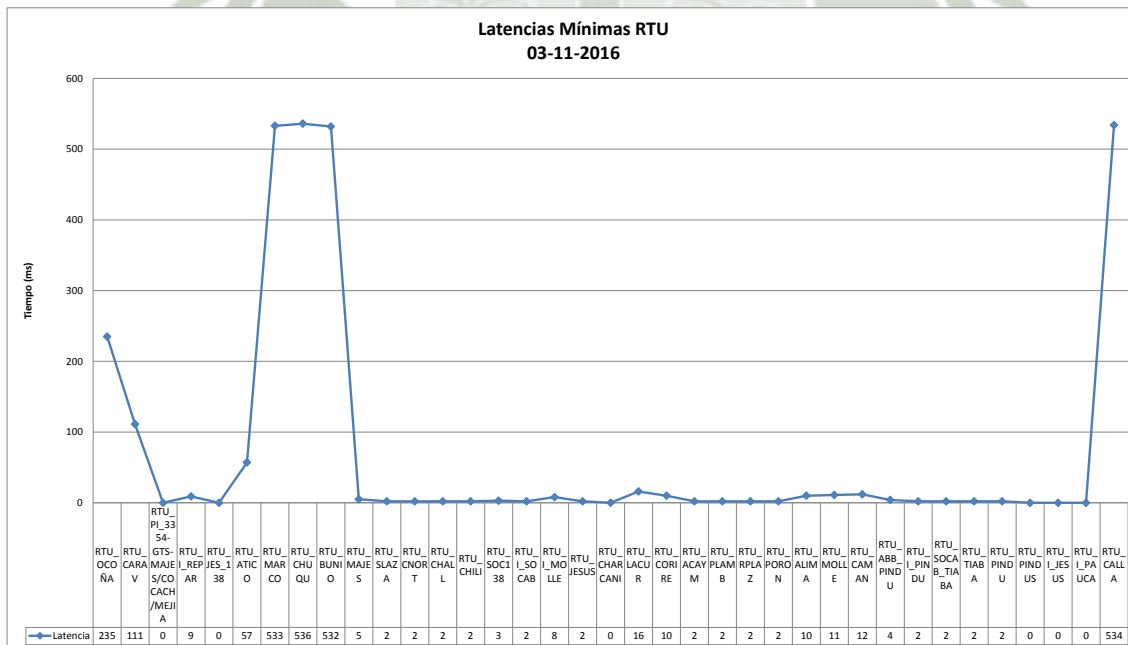


**Gráfico 54. Latencias máximas del 03/11/2016**



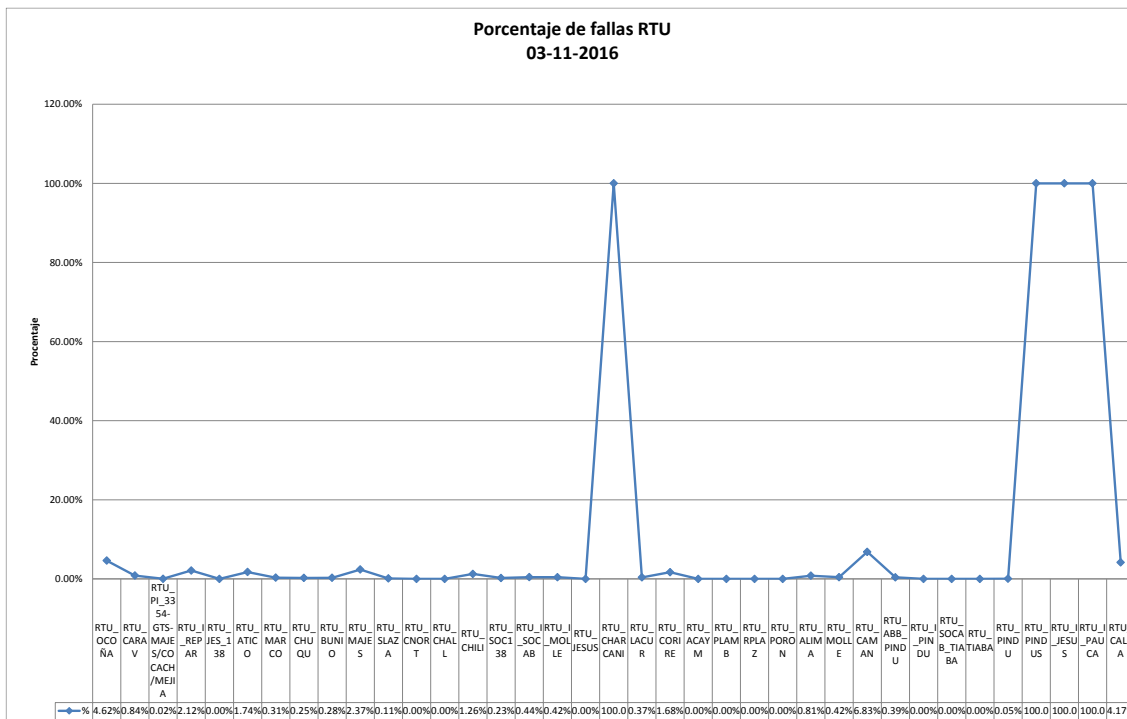
**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 55. Latencias mínimas RTU del 03/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 56. Porcentaje de fallas RTU 03/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 03/11/2016 \*, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 20. Muestreo del 03/11/2016 \***

Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
RTU_OCOÑA	7693	442	5.43%	233	4694	03/11/2016 *
RTU_CARAV	8100	35	0.43%	111	4844	03/11/2016 *
RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	8135	0	0.00%	0	0	03/11/2016 *
RTU_I_REPAR	7454	681	8.37%	9	53	03/11/2016 *
RTU_JES_138	8135	0	0.00%	0	10	03/11/2016 *
RTU_ATICO	8072	63	0.77%	57	221	03/11/2016 *
RTU_MARCO	8106	29	0.36%	532	1289	03/11/2016 *
RTU_CHUQU	8114	21	0.26%	536	1426	03/11/2016 *
RTU_BUNIO	8110	25	0.31%	530	1311	03/11/2016 *
RTU_MAJES	7410	725	8.91%	5	341	03/11/2016 *
RTU_SLAZA	8132	3	0.04%	2	3	03/11/2016 *
RTU_CNORT	8135	0	0.00%	2	23	03/11/2016 *
RTU_CHALL	8135	0	0.00%	2	3	03/11/2016 *
RTU_CHILI	8052	83	1.02%	2	3	03/11/2016 *
RTU_SOC138	8107	28	0.34%	3	17	03/11/2016 *
RTU_I_SOCAB	8110	25	0.31%	2	5	03/11/2016 *
RTU_I_MOLLE	8064	71	0.87%	8	492	03/11/2016 *
RTU_JESUS	8134	1	0.01%	2	6	03/11/2016 *
RTU_CHARCANI	0	8135	100.00%	0	0	03/11/2016 *
RTU_LACUR	8070	65	0.80%	16	926	03/11/2016 *
RTU_CORIRE	7390	746	9.17%	10	1032	03/11/2016 *
RTU_ACAYM	8135	0	0.00%	2	4	03/11/2016 *
RTU_PLAMB	8135	0	0.00%	2	4	03/11/2016 *
RTU_RPLAZ	8135	0	0.00%	1	3	03/11/2016 *
RTU_PORON	8135	0	0.00%	2	3	03/11/2016 *
RTU_ALIMA	8048	87	1.07%	10	4775	03/11/2016 *
RTU_MOLLE	8068	67	0.82%	11	583	03/11/2016 *
RTU_CAMAN	6754	1381	16.98%	12	3149	03/11/2016 *
RTU_ABB_PINDU	8112	23	0.28%	4	17	03/11/2016 *
RTU_I_PINDU	8135	0	0.00%	2	3	03/11/2016 *
RTU_SOCAB TIABA	8135	0	0.00%	2	3	03/11/2016 *
RTU_TIABA	8135	0	0.00%	2	3	03/11/2016 *
RTU_PINDU	8133	2	0.02%	2	3	03/11/2016 *
RTU_PINDUS	0	8135	100.00%	0	0	03/11/2016 *
RTU_I_JESUS	0	8135	100.00%	0	0	03/11/2016 *
RTU_I_PAUCA	0	8135	100.00%	0	0	03/11/2016 *
RTU_CALLA	8055	81	1.00%	535	1328	03/11/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

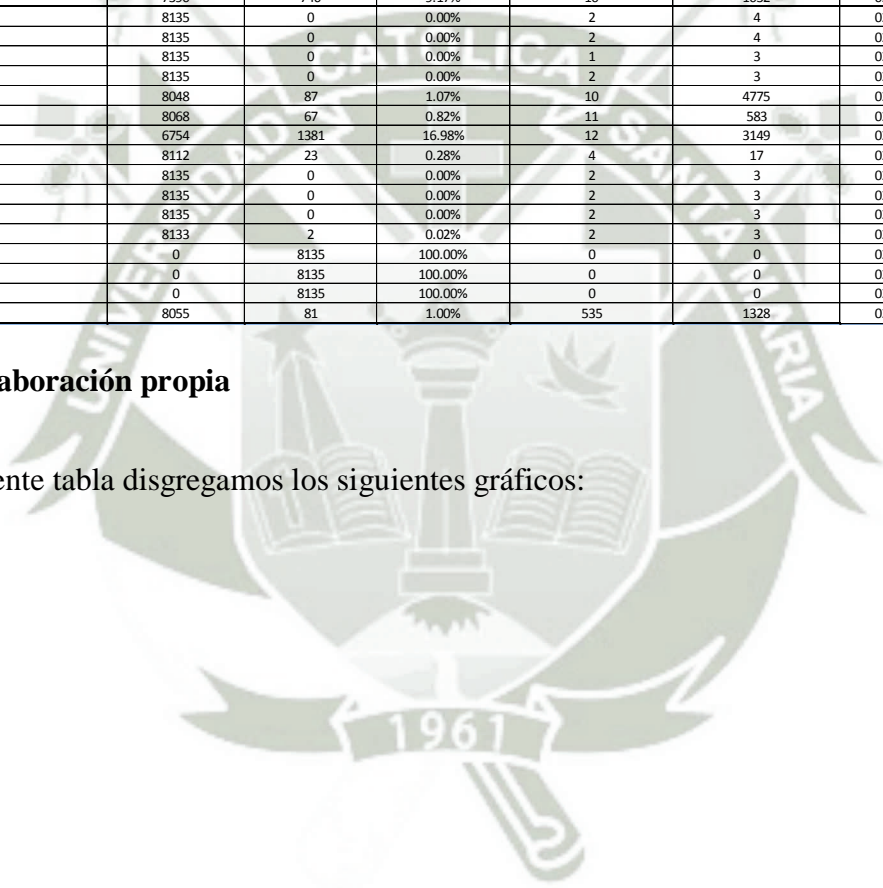
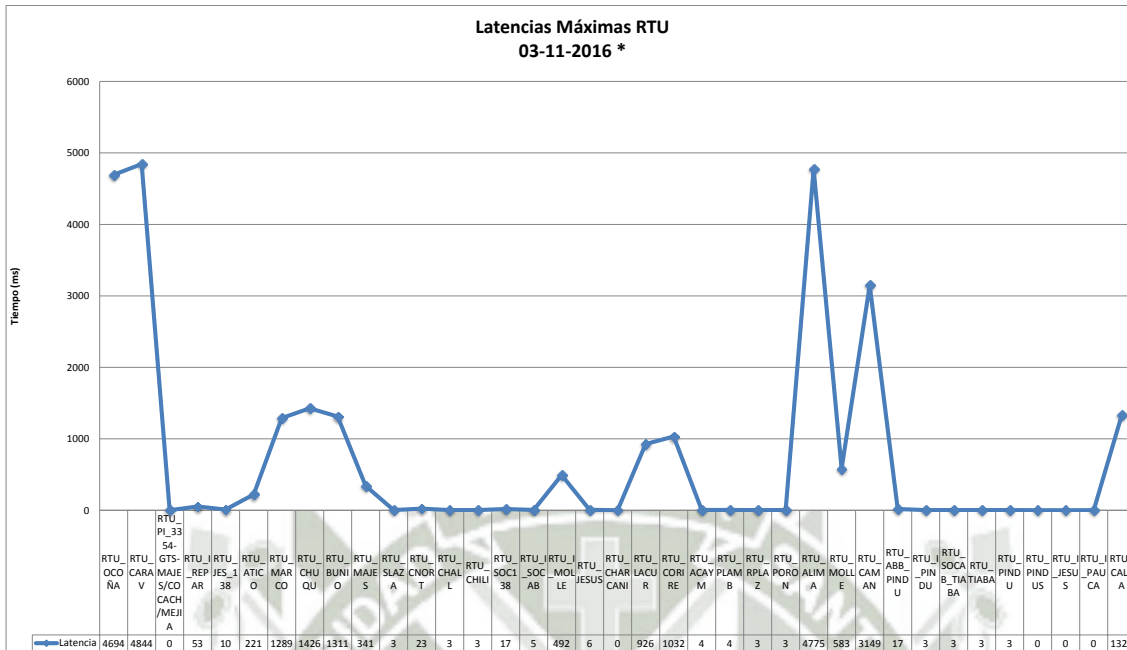
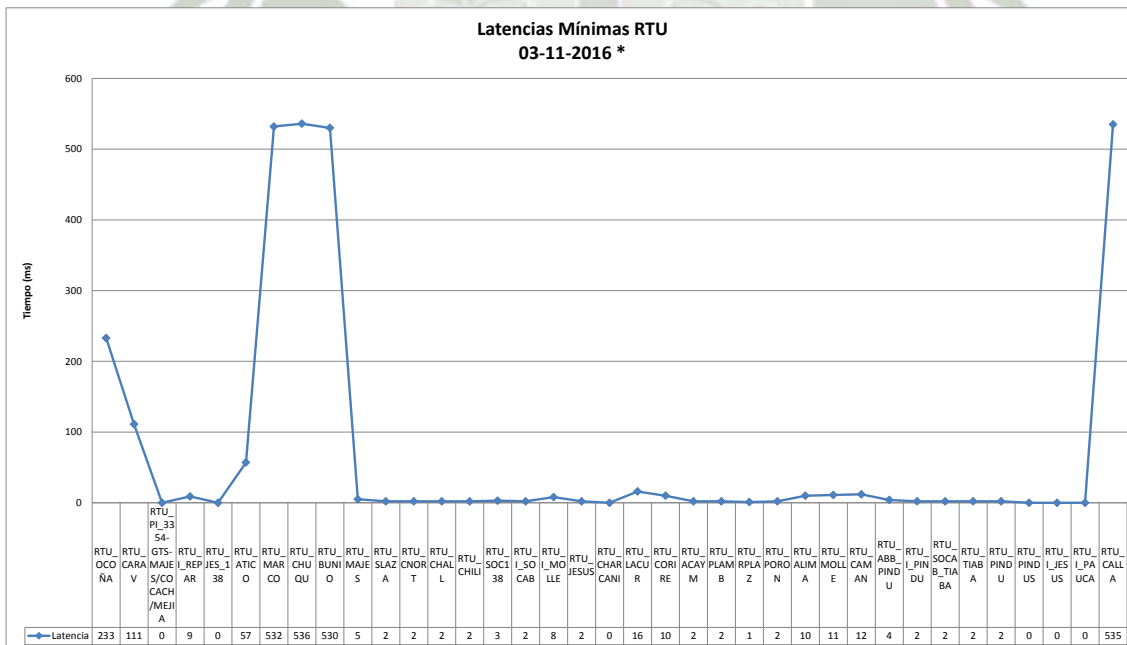


Gráfico 57. Latencias máximas RTU 03/11/2016\*



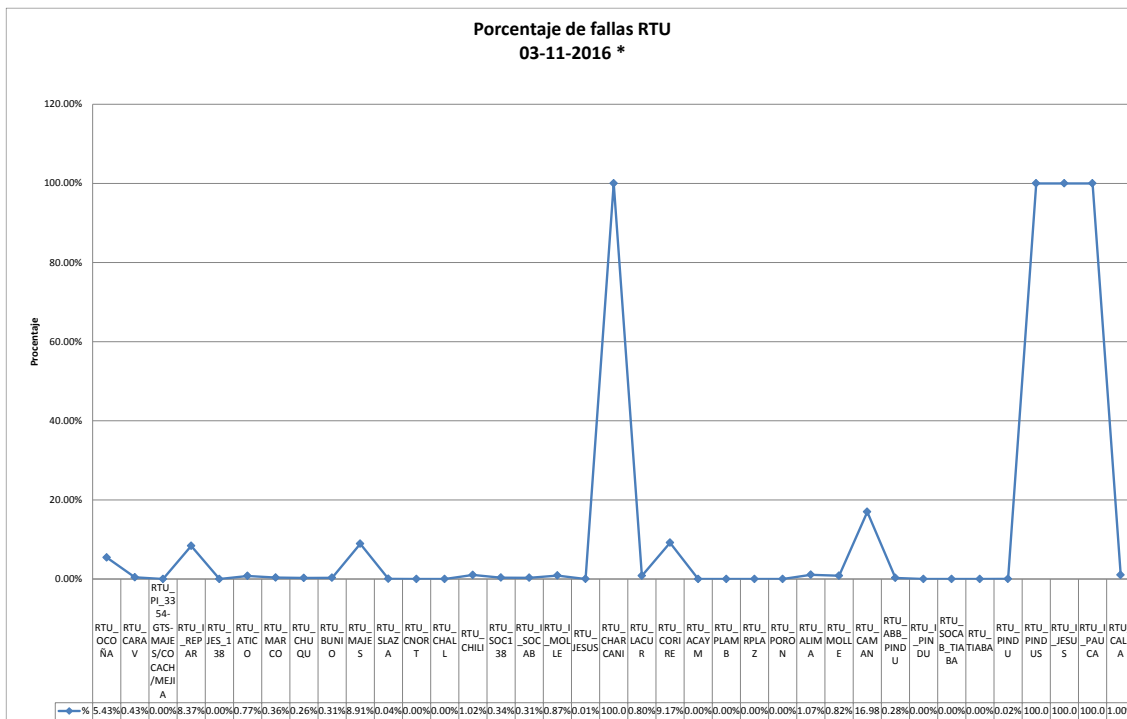
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 58. Latencias mínimas RTU 03/11/2016



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 59. Porcentaje de fallas RTU 03/11/2016\***



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 04/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 21. Muestreo del 04/11/2016**

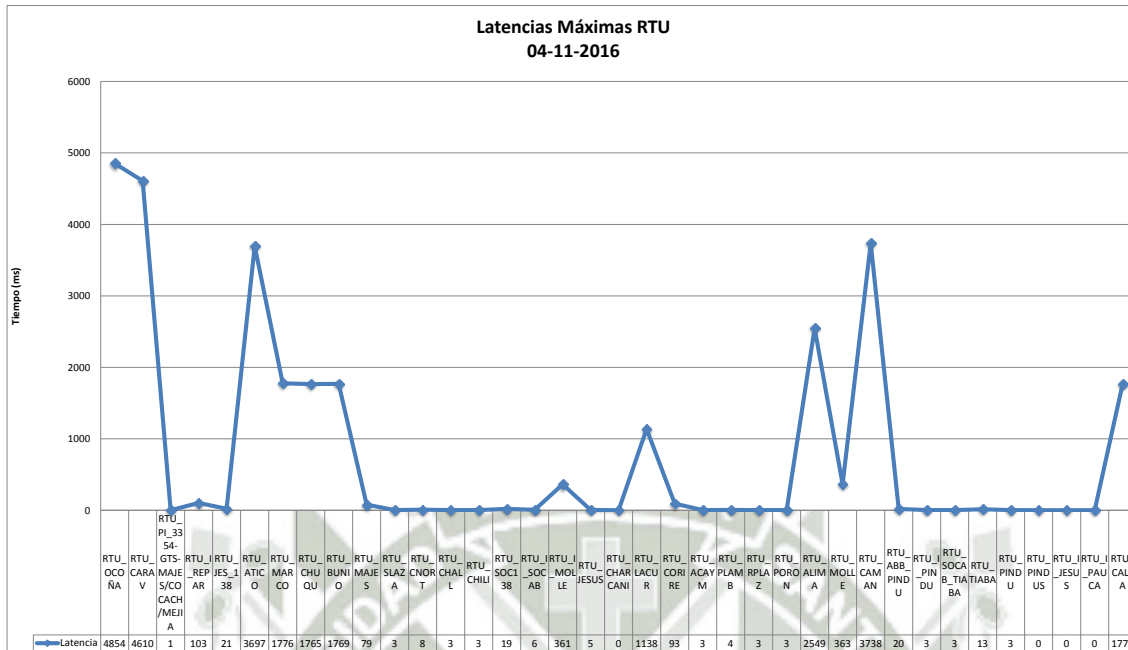
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	5732	416	6.77%	257	4854	04/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	6100	47	0.76%	113	4610	04/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	6147	0	0.00%	0	1	04/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	5989	158	2.57%	9	103	04/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	6147	0	0.00%	0	21	04/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	6039	108	1.76%	57	3697	04/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	6118	29	0.47%	533	1776	04/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	6120	27	0.44%	534	1765	04/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	6118	29	0.47%	533	1769	04/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	5981	166	2.70%	5	79	04/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	6141	6	0.10%	2	3	04/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	6146	1	0.02%	2	8	04/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	6147	0	0.00%	2	3	04/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	6088	59	0.96%	2	3	04/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	6125	22	0.36%	3	19	04/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	6145	2	0.03%	1	6	04/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	6133	14	0.23%	8	361	04/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	6147	0	0.00%	1	5	04/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	6147	100.00%	0	0	04/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	6136	11	0.18%	16	1138	04/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	5996	151	2.46%	10	93	04/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	6147	0	0.00%	1	3	04/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	6147	0	0.00%	2	4	04/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	6147	0	0.00%	1	3	04/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	6147	0	0.00%	1	3	04/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	6130	17	0.28%	10	2549	04/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	6145	2	0.03%	11	363	04/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	4058	2089	33.98%	12	3738	04/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	6126	21	0.34%	4	20	04/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	6147	0	0.00%	1	3	04/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	6147	0	0.00%	2	3	04/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	6147	0	0.00%	1	13	04/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	6147	0	0.00%	2	3	04/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6147	100.00%	0	0	04/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6147	100.00%	0	0	04/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	6147	100.00%	0	0	04/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	6095	52	0.85%	535	1770	04/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

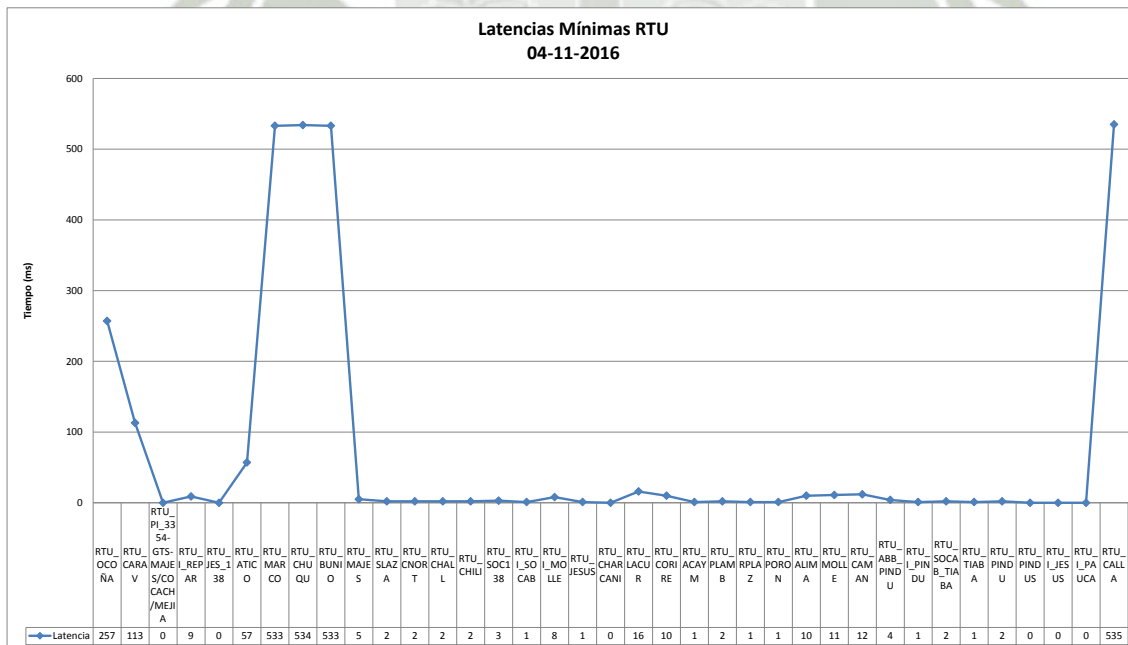


**Gráfico 60. Latencias máximas RTU 04/11/2016**



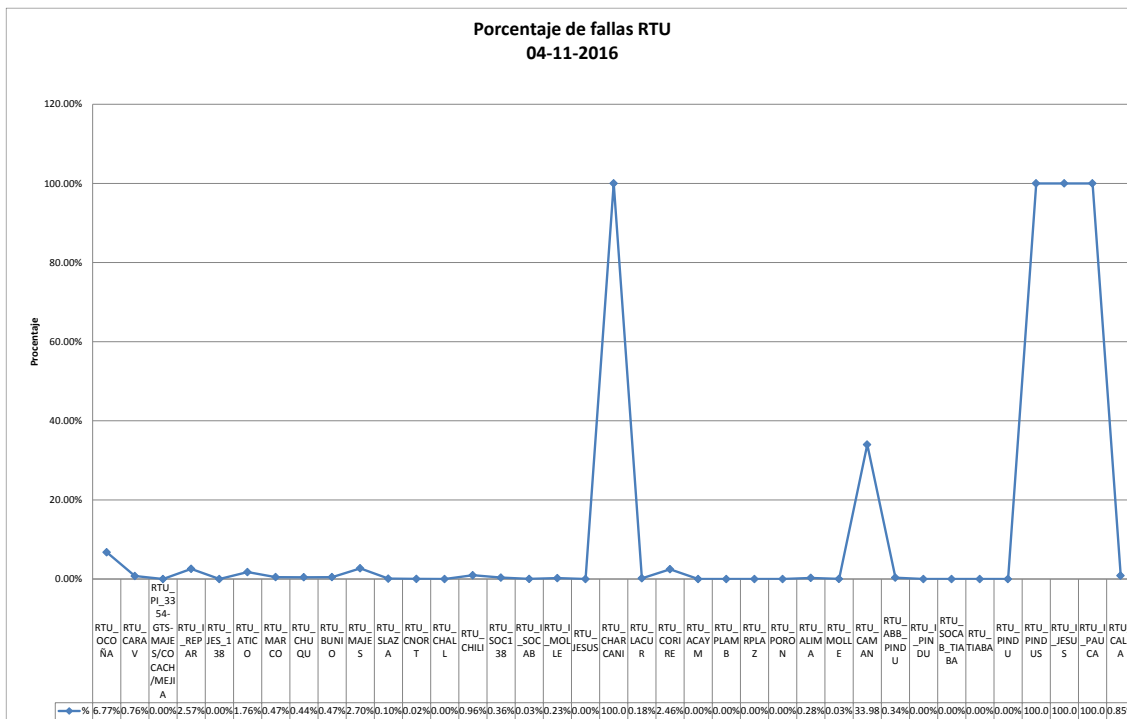
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 61. Latencias mínimas RTU 04/11/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 62. Porcentaje de fallas RTU 04/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 06/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 22. Muestreo del 06/11/2016**

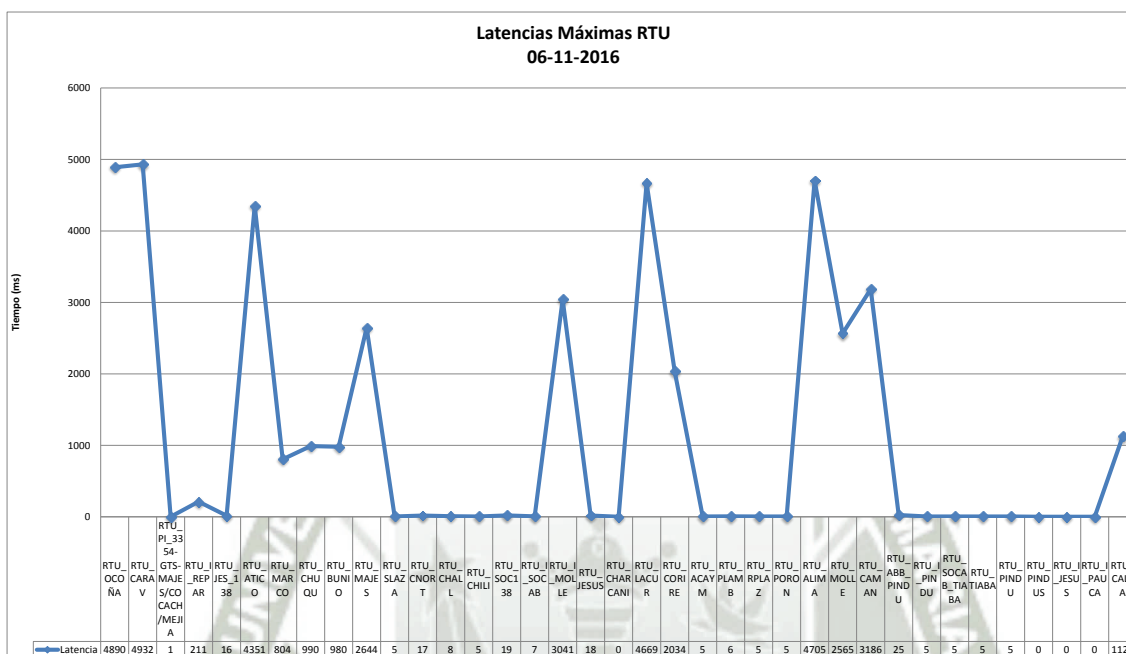
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	33446	3642	9.82%	224	4890	06/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	33608	3480	9.38%	105	4932	06/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	37089	0	0.00%	0	1	06/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	28816	8272	22.30%	9	211	06/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	37089	0	0.00%	0	16	06/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	36873	216	0.58%	57	4351	06/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	36886	203	0.55%	532	804	06/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	36924	165	0.44%	533	990	06/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	36911	178	0.48%	534	980	06/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	32115	4974	13.41%	5	2644	06/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	37046	43	0.12%	1	5	06/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	37089	0	0.00%	2	17	06/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	37089	0	0.00%	1	8	06/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	36679	410	1.11%	2	5	06/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	36998	91	0.25%	2	19	06/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	36919	170	0.46%	1	7	06/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	36295	794	2.14%	8	3041	06/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	37086	3	0.01%	1	18	06/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	37089	100.00%	0	0	06/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	36273	816	2.20%	16	4669	06/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	32044	5045	13.60%	10	2034	06/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	37088	1	0.00%	2	5	06/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	37089	0	0.00%	2	6	06/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	37089	0	0.00%	1	5	06/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	37089	0	0.00%	1	5	06/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	36235	854	2.30%	10	4705	06/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	36317	772	2.08%	11	2565	06/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	33309	3780	10.19%	12	3186	06/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	36973	116	0.31%	4	25	06/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	37089	0	0.00%	2	5	06/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	37089	0	0.00%	1	5	06/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	37089	0	0.00%	1	5	06/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	37083	6	0.02%	1	5	06/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	37089	100.00%	0	0	06/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	37089	100.00%	0	0	06/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	37089	100.00%	0	0	06/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	36741	348	0.94%	534	1125	06/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

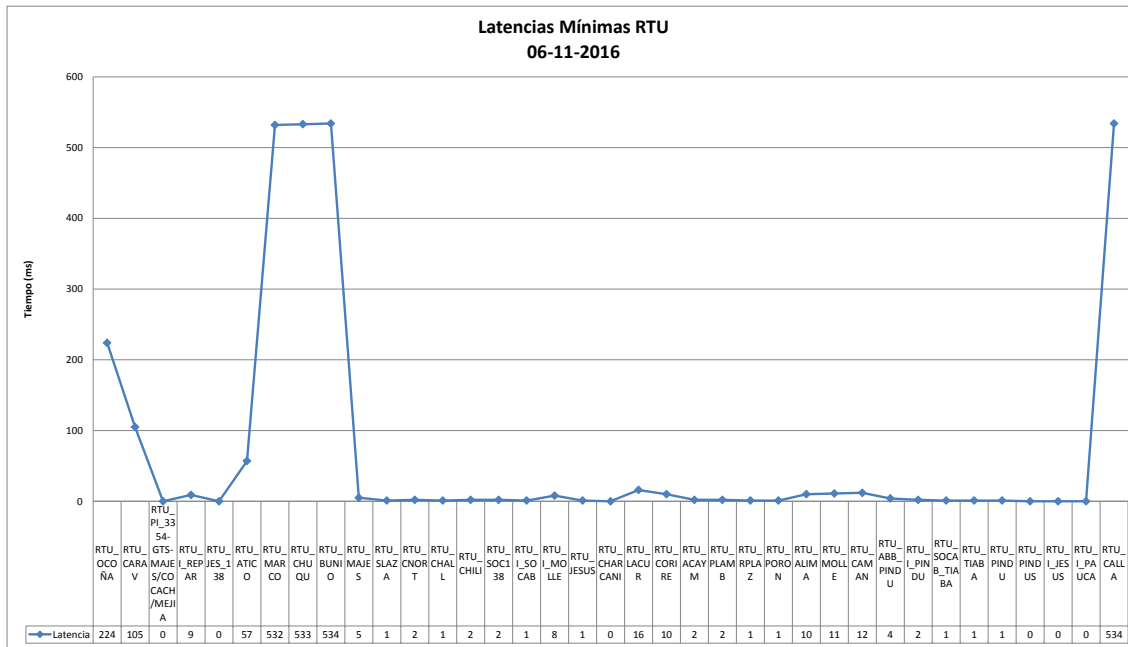


**Gráfico 63. Latencias máximas RTU 06/11/2016**



**Fuentes: Elaboración propia**

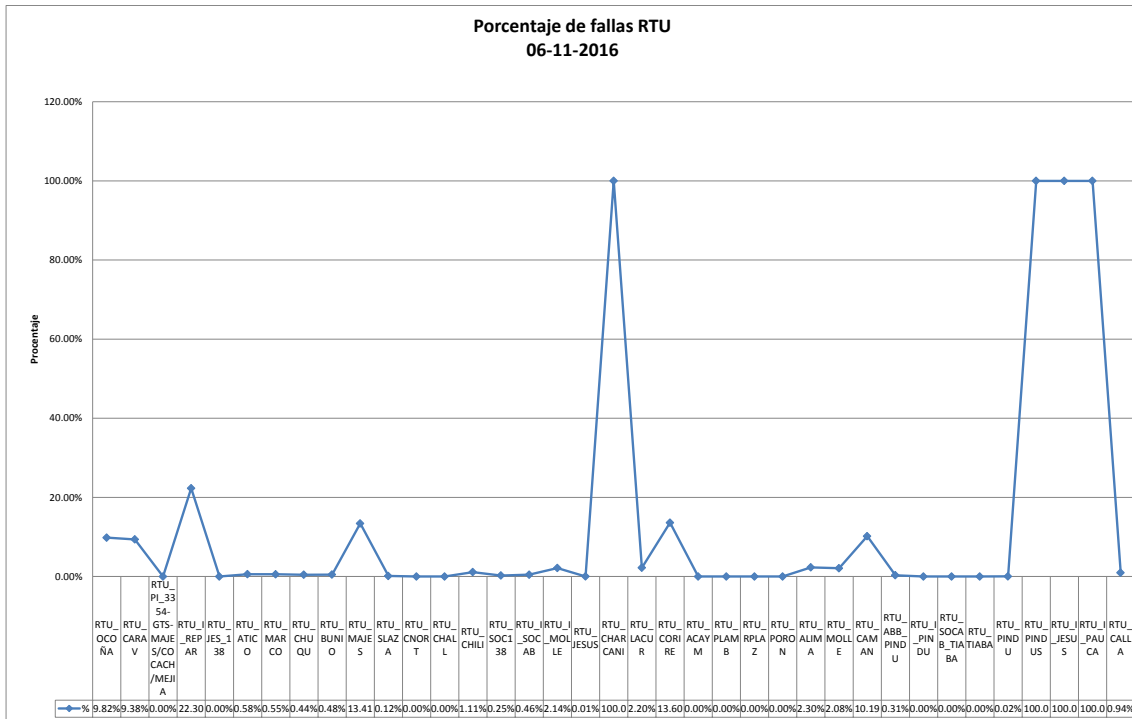
**Gráfico 64. Latencias mínimas RTU 06/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**



**Gráfico 65. Porcentaje de fallas RTU 06/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 07/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 23. Muestreo del 07/11/2016**

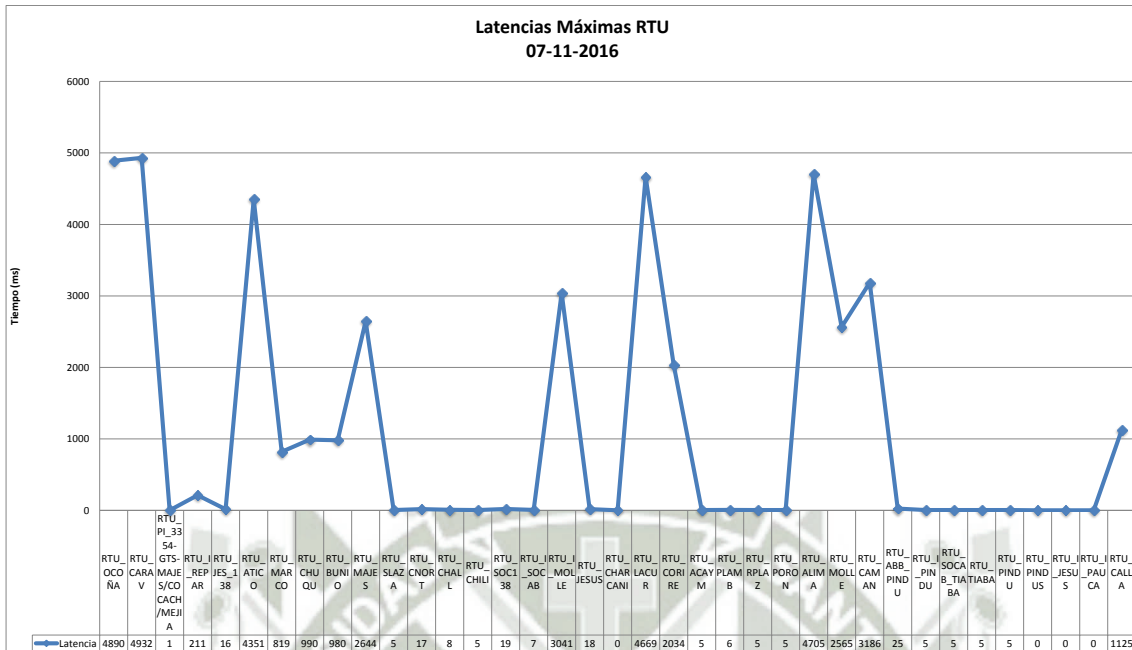
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	38249	4810	11.17%	224	4890	07/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	36447	6611	15.35%	105	4932	07/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	43059	0	0.00%	0	1	07/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	34553	8506	19.75%	9	211	07/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	43059	0	0.00%	0	16	07/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	42705	354	0.82%	57	4351	07/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	42749	310	0.72%	532	819	07/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	42783	276	0.64%	533	990	07/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	42776	283	0.66%	534	980	07/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	38060	4999	11.61%	5	2644	07/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	43012	47	0.11%	1	5	07/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	43059	0	0.00%	1	17	07/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	42991	68	0.16%	1	8	07/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	42575	484	1.12%	1	5	07/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	42939	120	0.28%	2	19	07/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	42879	180	0.42%	1	7	07/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	42023	1036	2.41%	8	3041	07/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	43054	5	0.01%	1	18	07/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	43059	100.00%	0	0	07/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	42010	1049	2.44%	16	4669	07/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	38013	5046	11.72%	10	2034	07/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	43058	1	0.00%	1	5	07/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	43059	0	0.00%	2	6	07/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	43059	0	0.00%	1	5	07/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	43059	0	0.00%	1	5	07/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	41942	1117	2.59%	10	4705	07/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	42050	1009	2.34%	11	2565	07/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	39045	4014	9.32%	12	3186	07/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	42923	136	0.32%	4	25	07/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	43059	0	0.00%	1	5	07/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	43059	0	0.00%	1	5	07/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	43059	0	0.00%	1	5	07/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	43053	6	0.01%	1	5	07/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	43059	100.00%	0	0	07/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	43059	100.00%	0	0	07/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	43059	100.00%	0	0	07/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	42576	483	1.12%	534	1125	07/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

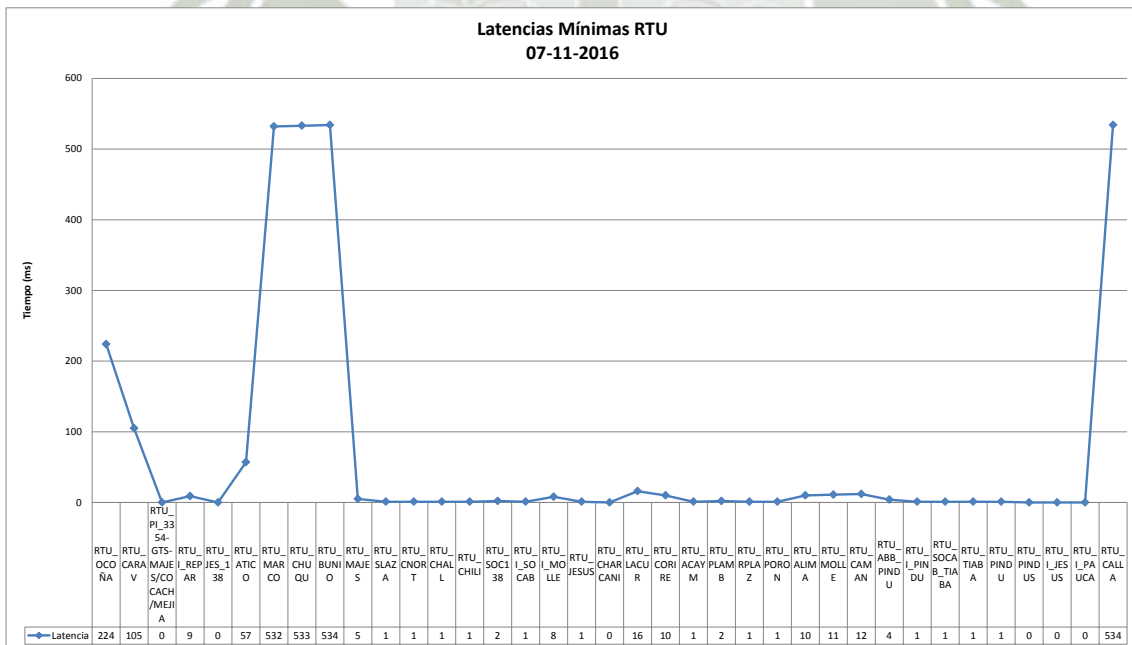


Gráfico 66. Latencias máximas RTU 07/11/2016



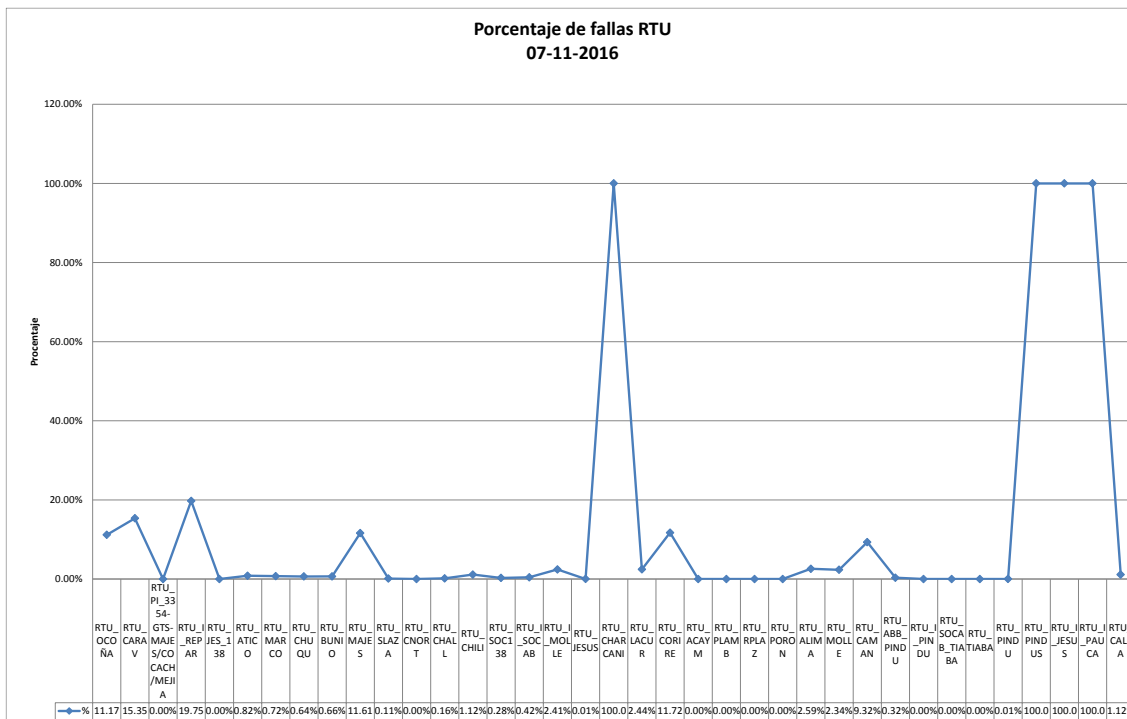
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 67. Latencia mínima 07/11/2016



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 68. Porcentaje de fallas RTU 07/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 07/11/2016\*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

**Tabla 24. Muestreo 07/11/2016\***

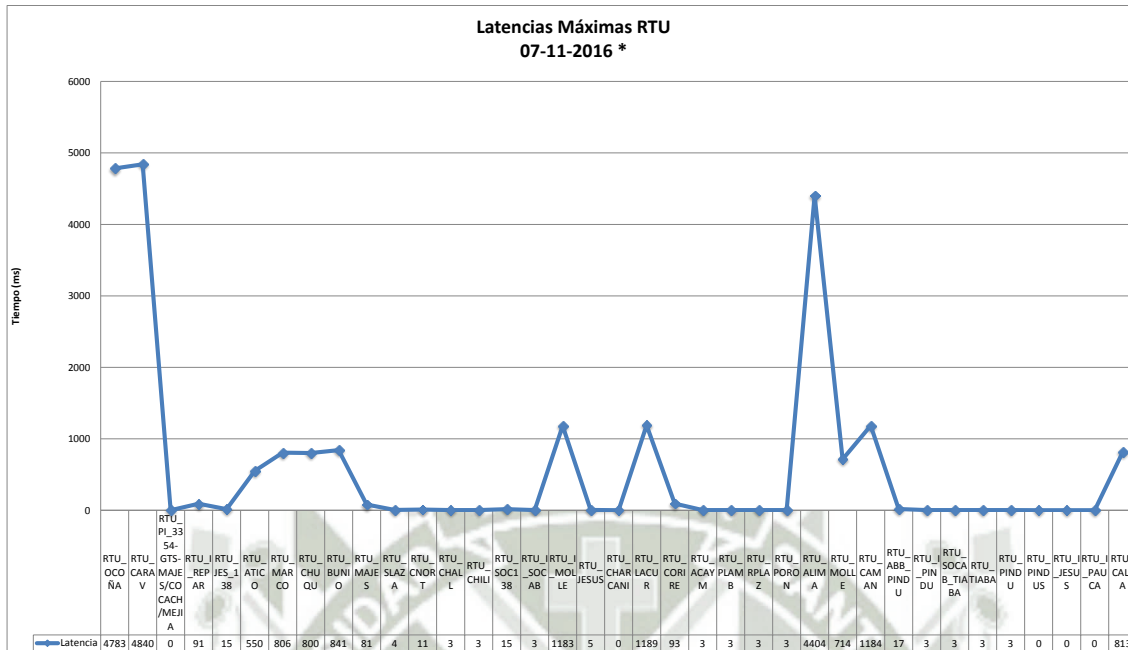
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	7629	795	9.44%	223	4783	07/11/2016 *
192.168.125.3	RTU_CARAV	8067	358	4.25%	110	4840	07/11/2016 *
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	8424	0	0.00%	0	0	07/11/2016 *
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	8358	66	0.78%	9	91	07/11/2016 *
192.168.78.7	RTU_JES_138	8424	0	0.00%	0	15	07/11/2016 *
172.31.250.16	RTU_ATICO	8360	64	0.76%	57	550	07/11/2016 *
172.31.249.178	RTU_MARCO	8399	25	0.30%	533	806	07/11/2016 *
172.31.249.162	RTU_CHUQU	8398	26	0.31%	535	800	07/11/2016 *
172.31.249.147	RTU_BUNIO	8403	21	0.25%	534	841	07/11/2016 *
100.10.20.246	RTU_MAJES	8348	76	0.90%	5	81	07/11/2016 *
100.10.20.236	RTU_SLAZA	8415	9	0.11%	2	4	07/11/2016 *
100.10.20.231	RTU_CNORT	8424	0	0.00%	2	11	07/11/2016 *
100.10.20.221	RTU_CHALL	8424	0	0.00%	2	3	07/11/2016 *
100.10.20.216	RTU_CHILI	8334	90	1.07%	2	3	07/11/2016 *
100.10.20.213	RTU_SOC138	8399	25	0.30%	3	15	07/11/2016 *
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	8388	36	0.43%	2	3	07/11/2016 *
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	8179	245	2.91%	8	1183	07/11/2016 *
100.10.20.201	RTU_JESUS	8424	0	0.00%	1	5	07/11/2016 *
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	8424	100.00%	0	0	07/11/2016 *
100.10.20.180	RTU_LACUR	8180	244	2.90%	16	1189	07/11/2016 *
100.10.20.150	RTU_CORIRE	8361	63	0.75%	10	93	07/11/2016 *
100.10.20.145	RTU_ACAYM	8424	0	0.00%	2	3	07/11/2016 *
100.10.20.140	RTU_PLAMB	8424	0	0.00%	2	3	07/11/2016 *
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	8424	0	0.00%	2	3	07/11/2016 *
100.10.20.130	RTU_PORON	8424	0	0.00%	1	3	07/11/2016 *
100.10.20.126	RTU_ALIMA	8140	284	3.37%	10	4404	07/11/2016 *
100.10.20.122	RTU_MOLLE	8180	244	2.90%	11	714	07/11/2016 *
100.10.20.116	RTU_CAMAN	8182	242	2.87%	12	1184	07/11/2016 *
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	8408	16	0.19%	4	17	07/11/2016 *
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	8424	0	0.00%	2	3	07/11/2016 *
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	8424	0	0.00%	2	3	07/11/2016 *
100.10.20.90	RTU_TIABA	8424	0	0.00%	2	3	07/11/2016 *
100.10.20.27	RTU_PINDU	8424	0	0.00%	2	3	07/11/2016 *
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	8424	100.00%	0	0	07/11/2016 *
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	8424	100.00%	0	0	07/11/2016 *
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	8424	100.00%	0	0	07/11/2016 *
172.31.249.134	RTU_CALLA	8372	52	0.62%	533	813	07/11/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

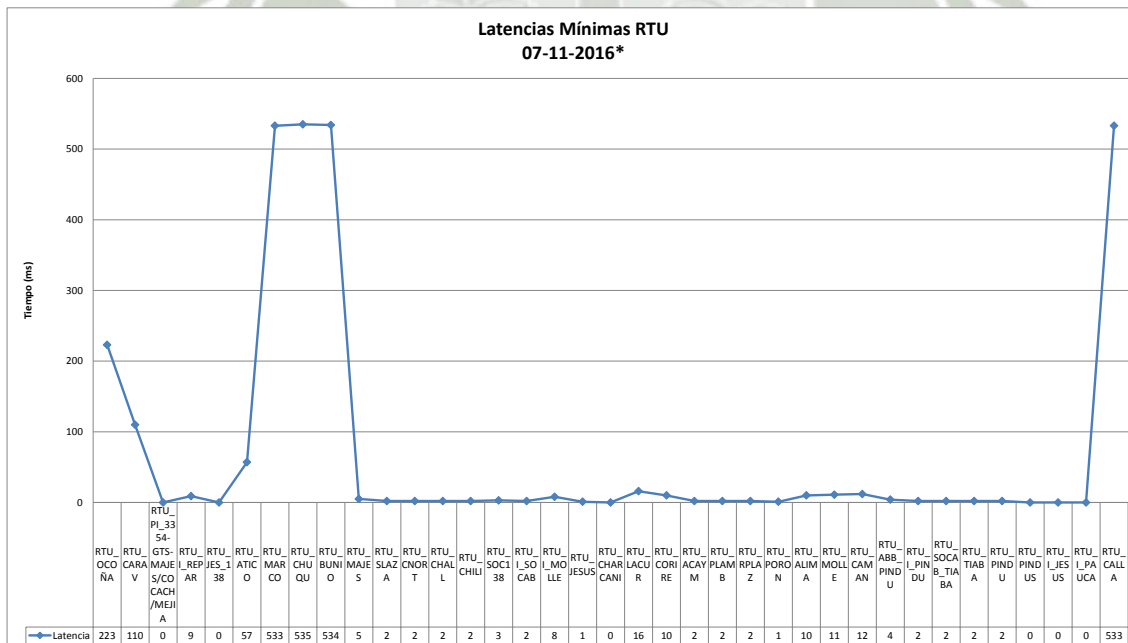


**Gráfico 69. Latencias máximas RTU 07/11/2016**



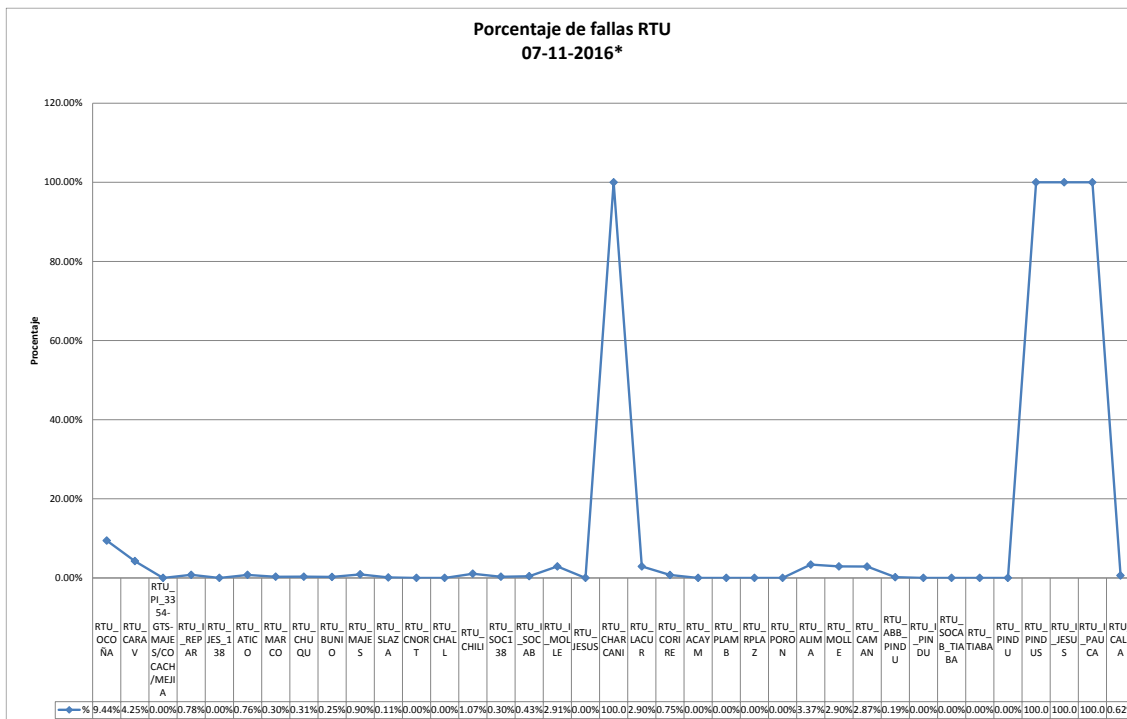
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 70. Latencias mínimas RTU 07/11/2016\***



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 71. Porcentaje de fallas RTU 07/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 08/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 25. Muestreo 08/11/2016**

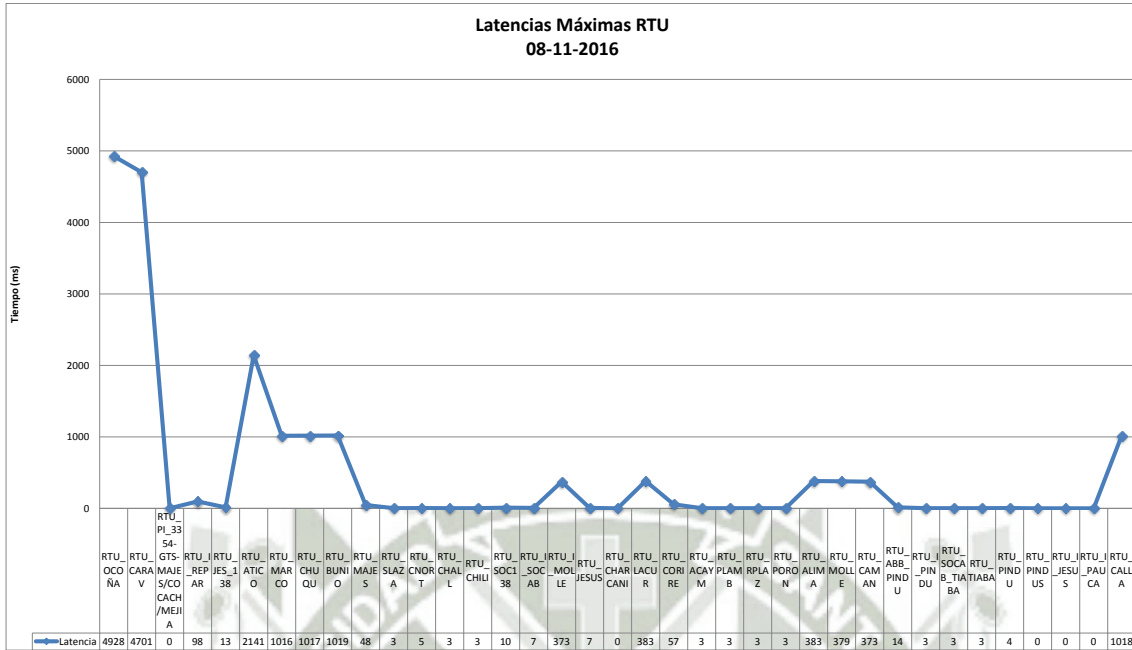
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	4414	1457	24.82%	263	4928	08/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	5356	515	8.77%	111	4701	08/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	5871	0	0.00%	0	0	08/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	5839	32	0.55%	9	98	08/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	5871	0	0.00%	0	13	08/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5791	80	1.36%	58	2141	08/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	5794	77	1.31%	533	1016	08/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	5801	70	1.19%	536	1017	08/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	5805	66	1.12%	535	1019	08/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	4720	1150	19.59%	5	48	08/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	4735	1135	19.34%	2	3	08/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	4744	1126	19.18%	2	5	08/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	4744	1126	19.18%	2	3	08/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	4682	1188	20.24%	2	3	08/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	4733	1137	19.37%	3	10	08/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	4742	1128	19.22%	1	7	08/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	4734	1136	19.35%	8	373	08/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	4744	1126	19.18%	2	7	08/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	5870	100.00%	0	0	08/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5819	52	0.89%	16	383	08/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	4740	1130	19.25%	10	57	08/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	4744	1126	19.18%	2	3	08/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	4744	1126	19.18%	2	3	08/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	4744	1126	19.18%	2	3	08/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	4744	1126	19.18%	2	3	08/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	4727	1143	19.47%	10	383	08/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	4743	1127	19.20%	11	379	08/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	4744	1126	19.18%	12	373	08/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	4730	1140	19.42%	4	14	08/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	4744	1126	19.18%	2	3	08/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	4744	1126	19.18%	2	3	08/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	4755	1115	18.99%	1	3	08/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	4744	1126	19.18%	2	4	08/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	5870	100.00%	0	0	08/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	5870	100.00%	0	0	08/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	5870	100.00%	0	0	08/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	5768	103	1.75%	535	1018	08/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

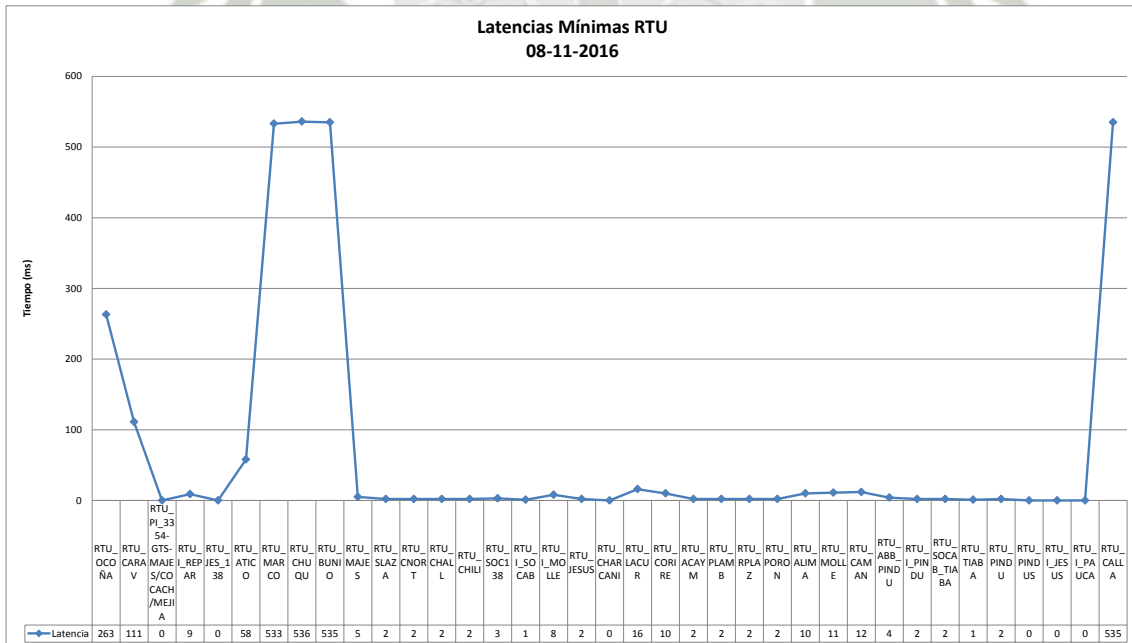


**Gráfico 72. Latencias máximas RTU 08/11/2016**



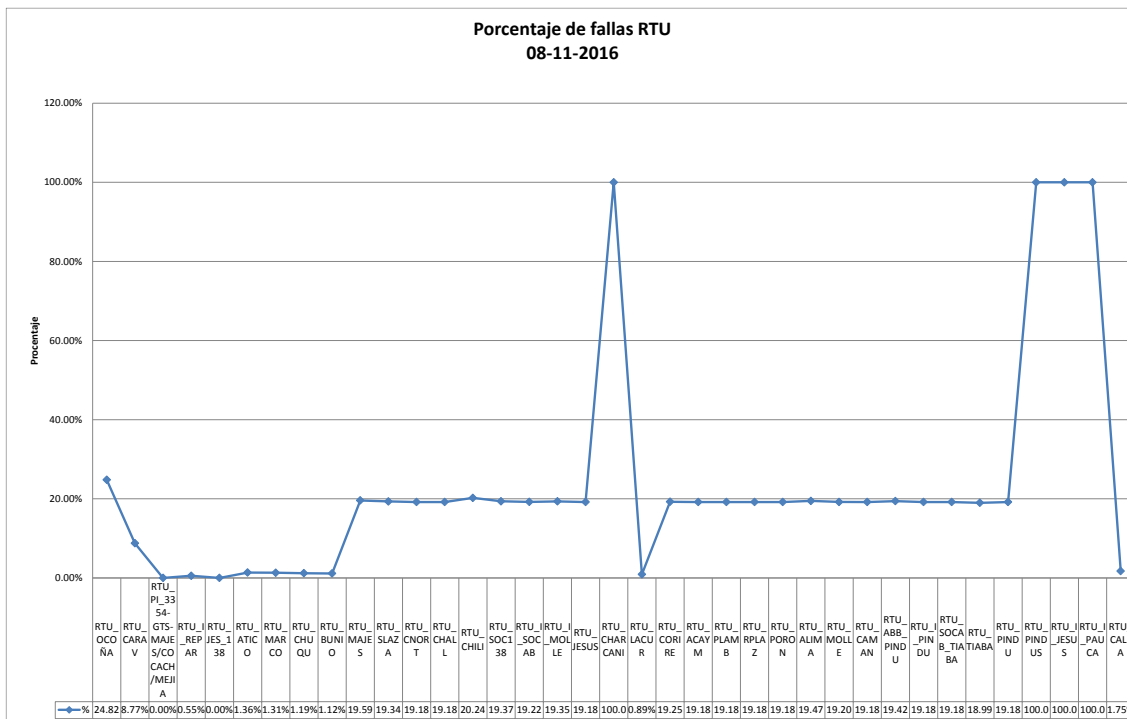
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 73. Latencias mínimas RTU 08/11/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 74. Porcentaje de fallas RTU 08/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 08/11/2016\*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

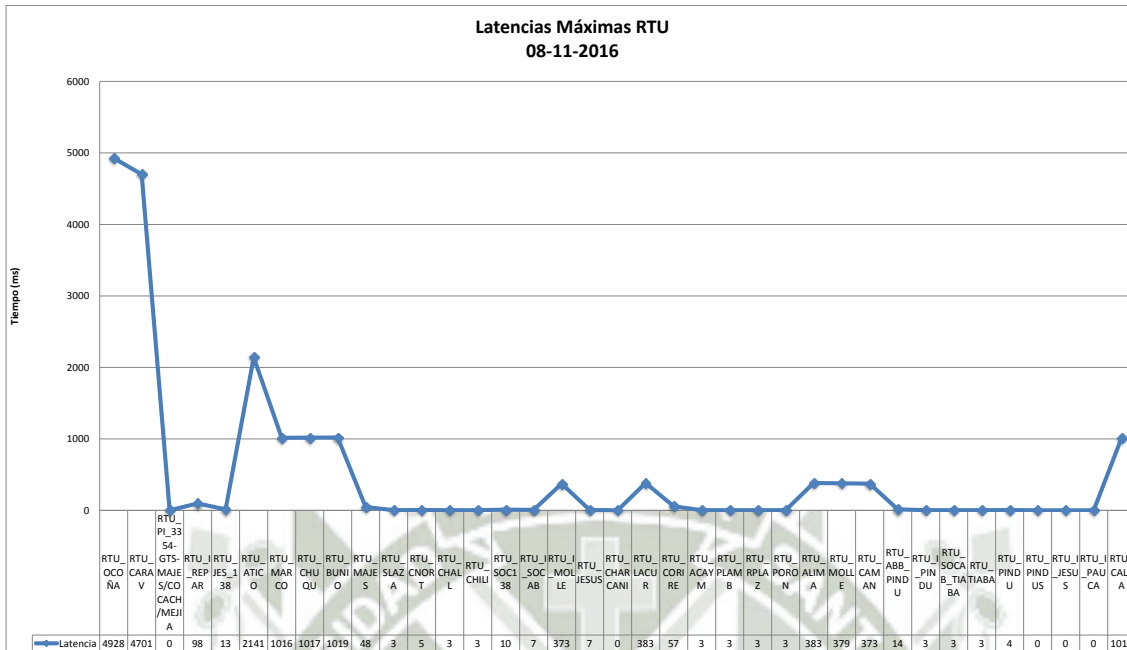
**Tabla 26. Muestreo del 08/11/2016\***

Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	7456	970	11.51%	226	4896	08/11/2016 *
192.168.125.3	RTU_CARAV	8411	15	0.18%	112	4824	08/11/2016 *
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	8426	0	0.00%	0	0	08/11/2016 *
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	8367	59	0.70%	9	174	08/11/2016 *
192.168.78.7	RTU_JES_138	8426	0	0.00%	0	10	08/11/2016 *
172.31.250.16	RTU_ATICO	8342	84	1.00%	57	740	08/11/2016 *
172.31.249.178	RTU_MARCO	8404	22	0.26%	533	783	08/11/2016 *
172.31.249.162	RTU_CHUQU	8408	18	0.21%	536	784	08/11/2016 *
172.31.249.147	RTU_BUNIO	8405	21	0.25%	535	842	08/11/2016 *
100.10.20.246	RTU_MAJES	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.236	RTU_SLAZA	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.231	RTU_CNORT	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.221	RTU_CHALL	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.216	RTU_CHLI	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.213	RTU_SOC138	0	8427	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.201	RTU_JESUS	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.180	RTU_LACUR	8419	7	0.08%	16	179	08/11/2016 *
100.10.20.150	RTU_CORIRE	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.145	RTU_ACAYM	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.140	RTU_PLAMB	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.130	RTU_PORON	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.126	RTU_ALIMA	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.122	RTU_MOLLE	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.116	RTU_CAMAN	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.90	RTU_TIABA	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.27	RTU_PINDU	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	8426	100.00%	0	0	08/11/2016 *
172.31.249.134	RTU_CALLA	8369	57	0.68%	535	767	08/11/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

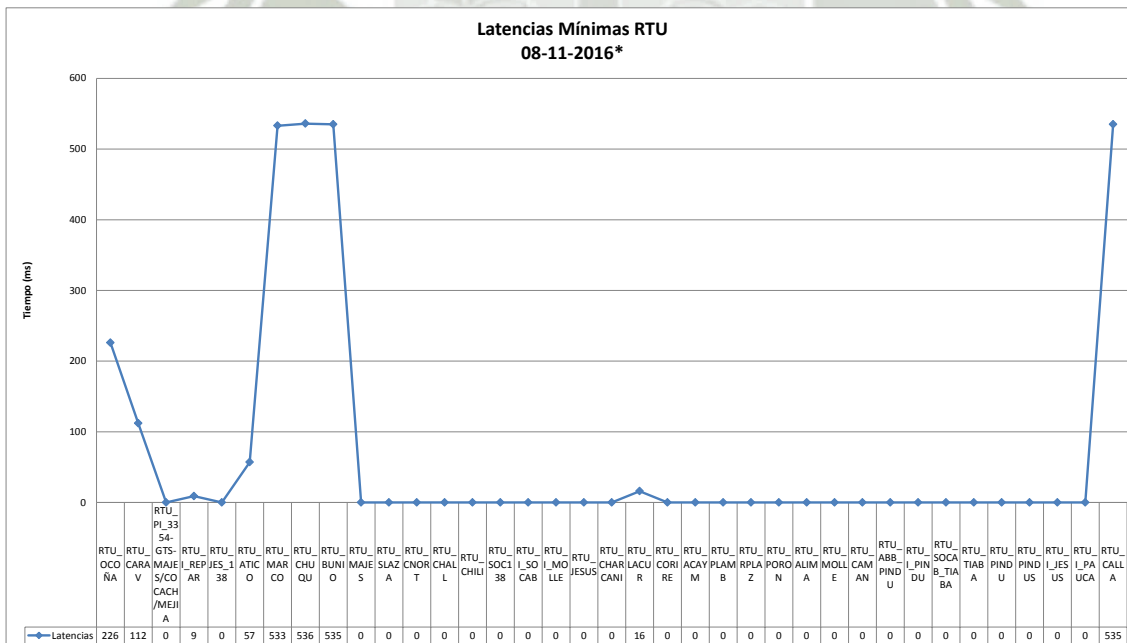
De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

**Gráfico 75. Latencias máximas RTU 08/11/2016\***



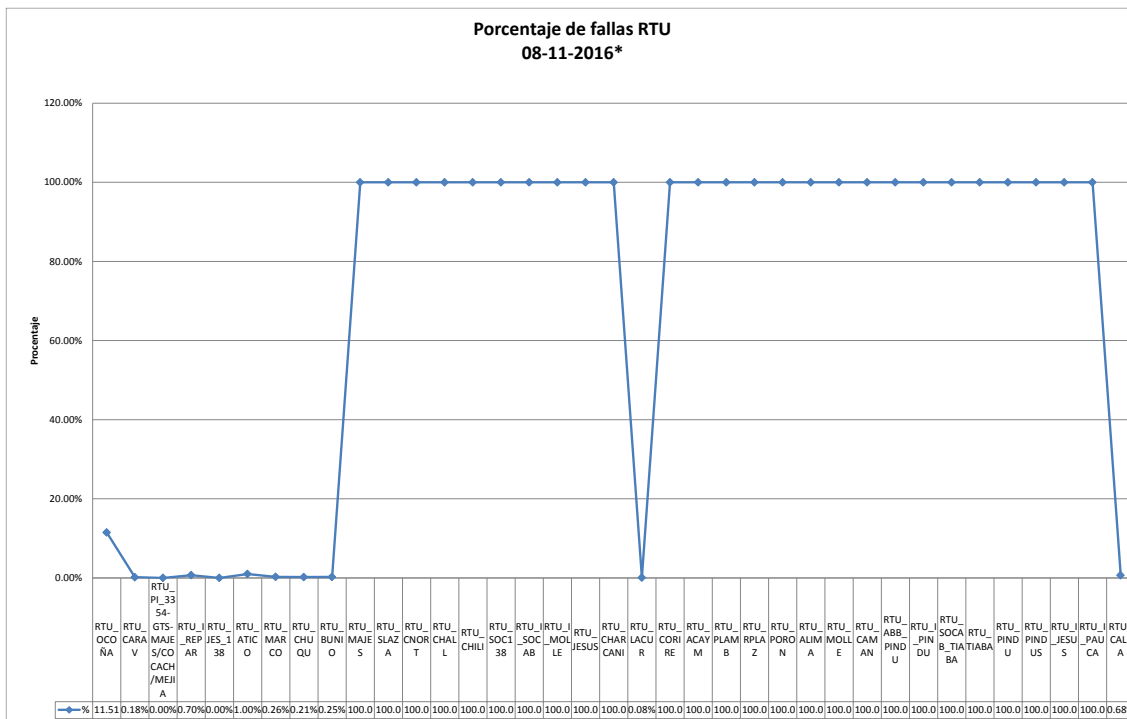
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 76. Latencias mínimas RTU 08/11/2016\***



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 77. Porcentaje de fallas RTU 08/11/2016\***



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 09/11/2016, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

**Tabla 27. Muestreo del 09/11/2016**

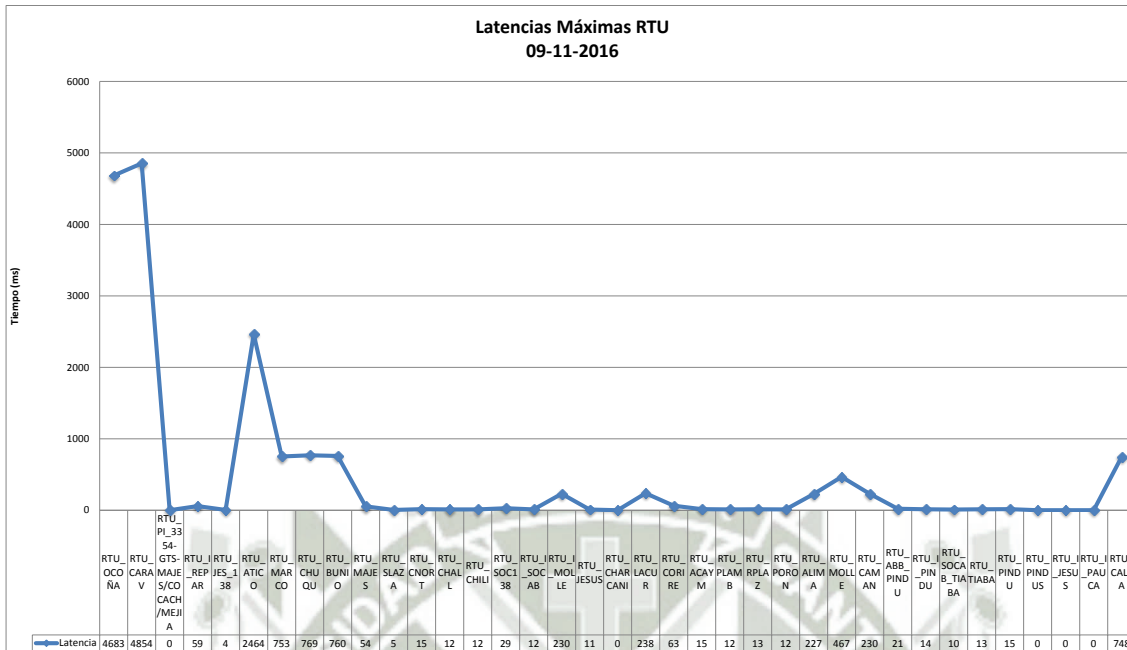
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	5467	519	8.67%	257	4683	09/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	5985	1	0.02%	110	4854	09/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	5986	0	0.00%	0	0	09/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	5886	100	1.67%	9	59	09/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	5986	0	0.00%	0	4	09/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5814	172	2.87%	57	2464	09/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	5927	59	0.99%	533	753	09/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	5928	58	0.97%	534	769	09/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	5934	52	0.87%	533	760	09/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	4994	993	16.59%	4	54	09/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	5037	950	15.87%	1	5	09/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	5045	942	15.73%	2	15	09/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	5045	941	15.72%	2	12	09/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	4993	993	16.59%	2	12	09/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	5031	955	15.95%	3	29	09/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	5006	981	16.39%	2	12	09/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	5038	948	15.84%	8	230	09/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	5044	943	15.75%	1	11	09/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	5985	100.00%	0	0	09/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5985	1	0.02%	16	238	09/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	5022	965	16.12%	10	63	09/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	5045	942	15.73%	2	15	09/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	5045	942	15.73%	2	12	09/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	5045	942	15.73%	1	13	09/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	5045	942	15.73%	1	12	09/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	5031	956	15.97%	10	227	09/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	5041	946	15.80%	11	467	09/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5044	943	15.75%	12	230	09/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5035	951	15.89%	4	21	09/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	5045	942	15.73%	1	14	09/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	5045	942	15.73%	1	10	09/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	5045	942	15.73%	1	13	09/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	5044	943	15.75%	1	15	09/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	5986	100.00%	0	0	09/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	5986	100.00%	0	0	09/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	5986	100.00%	0	0	09/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	5906	80	1.34%	535	748	09/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

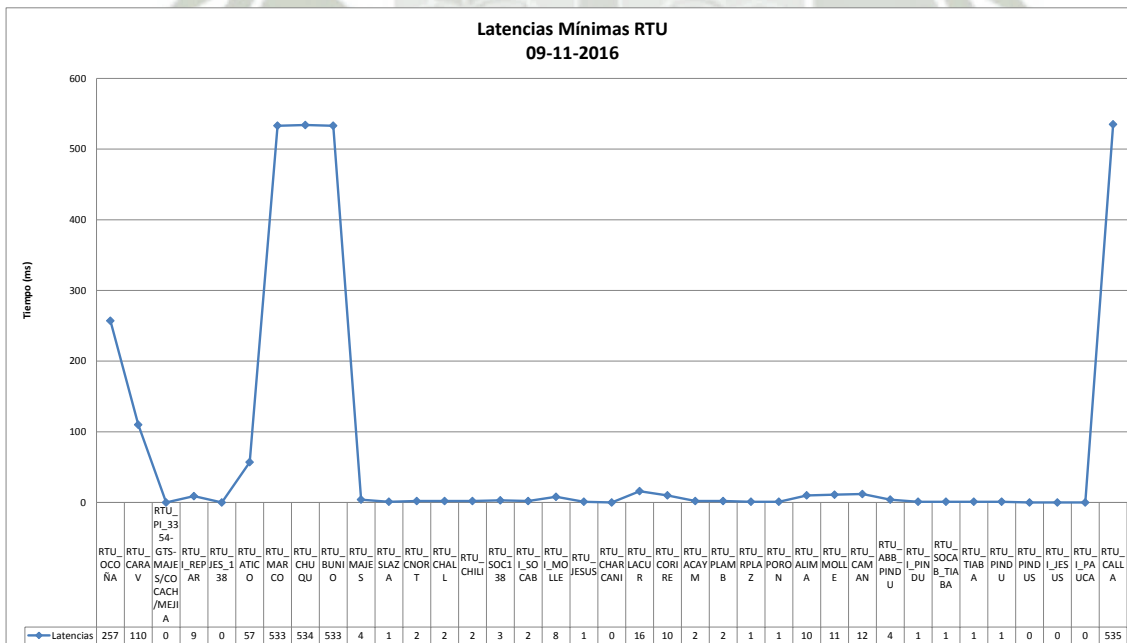


**Gráfico 78. Latencias máximas RTU 09/11/2016**



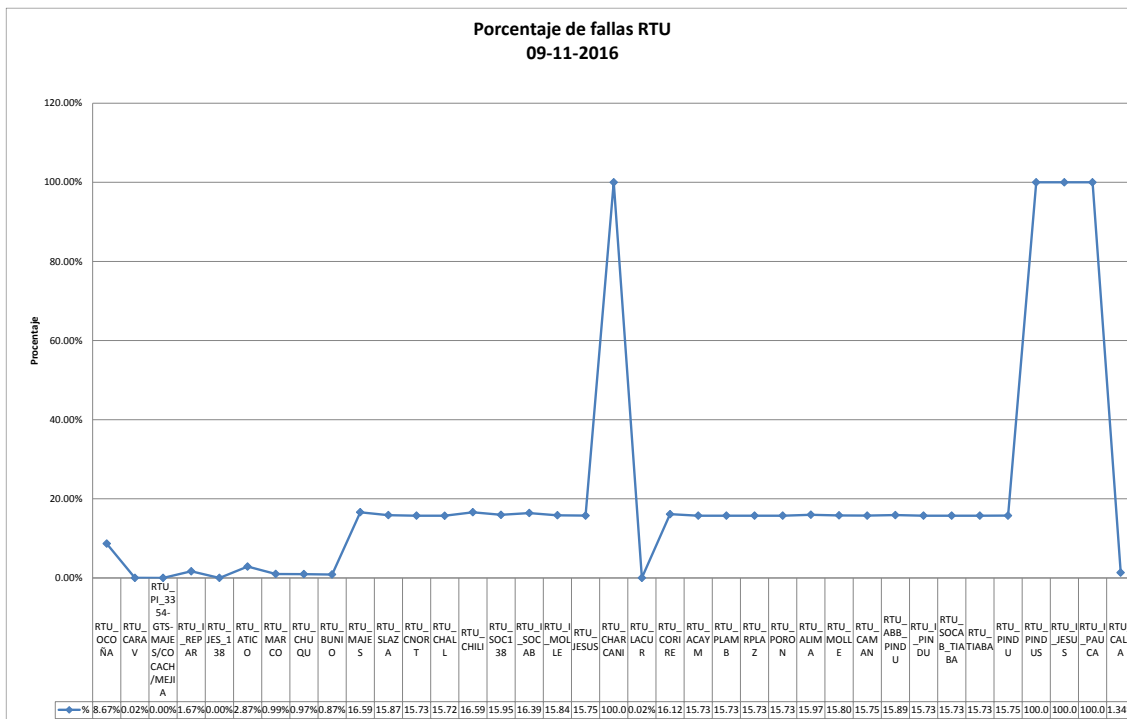
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 79. Latencias mínimas RTU 09/11/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 80. Porcentaje de fallas RTU 09/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 09/11/2016\*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

**Tabla 28. Muestreo del 09/11/2016\***

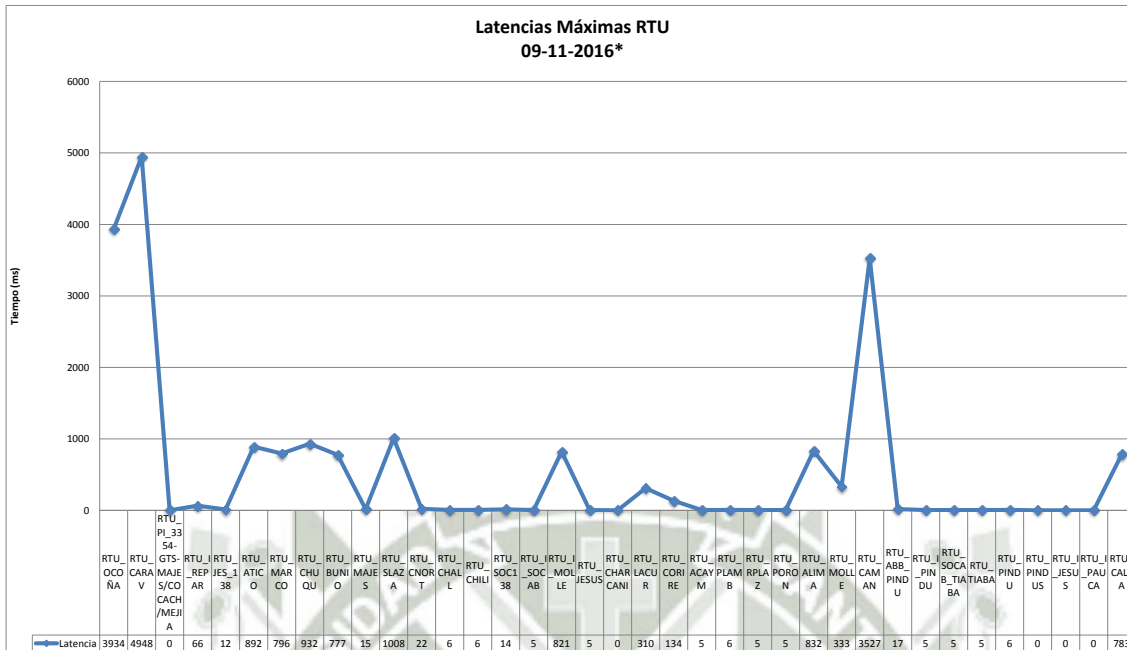
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	448	8421	94.95%	320	3934	09/11/2016 *
192.168.125.3	RTU_CARAV	8243	627	7.07%	115	4948	09/11/2016 *
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	8870	0	0.00%	0	0	09/11/2016 *
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	8845	25	0.28%	9	66	09/11/2016 *
192.168.78.7	RTU_JES_138	8870	0	0.00%	0	12	09/11/2016 *
172.31.250.16	RTU_ATICO	8833	37	0.42%	57	892	09/11/2016 *
172.31.249.178	RTU_MARCO	8794	76	0.86%	533	796	09/11/2016 *
172.31.249.162	RTU_CHUQU	8797	73	0.82%	537	932	09/11/2016 *
172.31.249.147	RTU_BUNIO	8798	72	0.81%	537	777	09/11/2016 *
100.10.20.246	RTU_MAJES	8825	45	0.51%	5	15	09/11/2016 *
100.10.20.236	RTU_SLAZA	8859	11	0.12%	2	1008	09/11/2016 *
100.10.20.231	RTU_CNORT	8869	1	0.01%	2	22	09/11/2016 *
100.10.20.221	RTU_CHALL	8870	0	0.00%	2	6	09/11/2016 *
100.10.20.216	RTU_CHILI	8790	80	0.90%	2	6	09/11/2016 *
100.10.20.213	RTU_SOC138	8845	25	0.28%	3	14	09/11/2016 *
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	8826	44	0.50%	2	5	09/11/2016 *
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	8837	33	0.37%	8	821	09/11/2016 *
100.10.20.201	RTU_JESUS	8870	0	0.00%	2	5	09/11/2016 *
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	8869	100.00%	0	0	09/11/2016 *
100.10.20.180	RTU_LACUR	8840	30	0.34%	16	310	09/11/2016 *
100.10.20.150	RTU_CORIRE	8866	4	0.05%	10	134	09/11/2016 *
100.10.20.145	RTU_ACAYM	8870	0	0.00%	2	5	09/11/2016 *
100.10.20.140	RTU_PLAMB	8870	0	0.00%	2	6	09/11/2016 *
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	8870	0	0.00%	2	5	09/11/2016 *
100.10.20.130	RTU_PORON	8870	0	0.00%	2	5	09/11/2016 *
100.10.20.126	RTU_ALIMA	8824	46	0.52%	10	832	09/11/2016 *
100.10.20.122	RTU_MOLLE	8837	33	0.37%	11	333	09/11/2016 *
100.10.20.116	RTU_CAMAN	8846	24	0.27%	12	3527	09/11/2016 *
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	8849	21	0.24%	4	17	09/11/2016 *
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	8870	0	0.00%	2	5	09/11/2016 *
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	8870	0	0.00%	2	5	09/11/2016 *
100.10.20.90	RTU_TIABA	8870	0	0.00%	2	5	09/11/2016 *
100.10.20.27	RTU_PINDU	8870	0	0.00%	2	6	09/11/2016 *
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	8869	100.00%	0	0	09/11/2016 *
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	8869	100.00%	0	0	09/11/2016 *
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	8869	100.00%	0	0	09/11/2016 *
172.31.249.134	RTU_CALLA	8772	98	1.10%	535	783	09/11/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

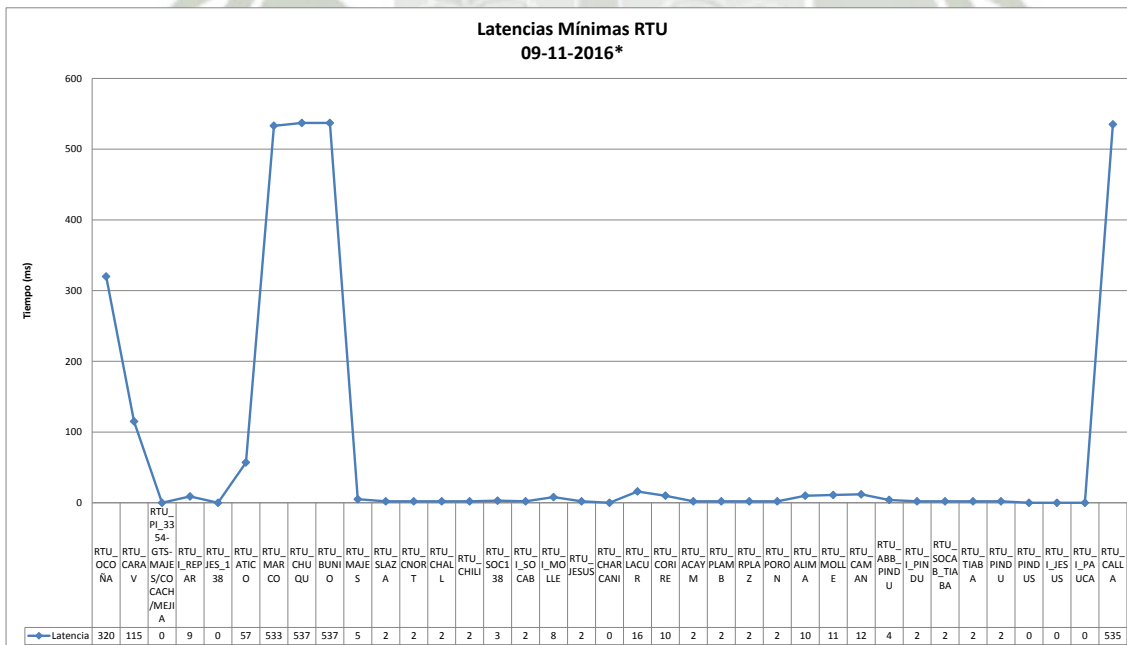


**Gráfico 81. Latencias máximas RTU 09/11/2016**



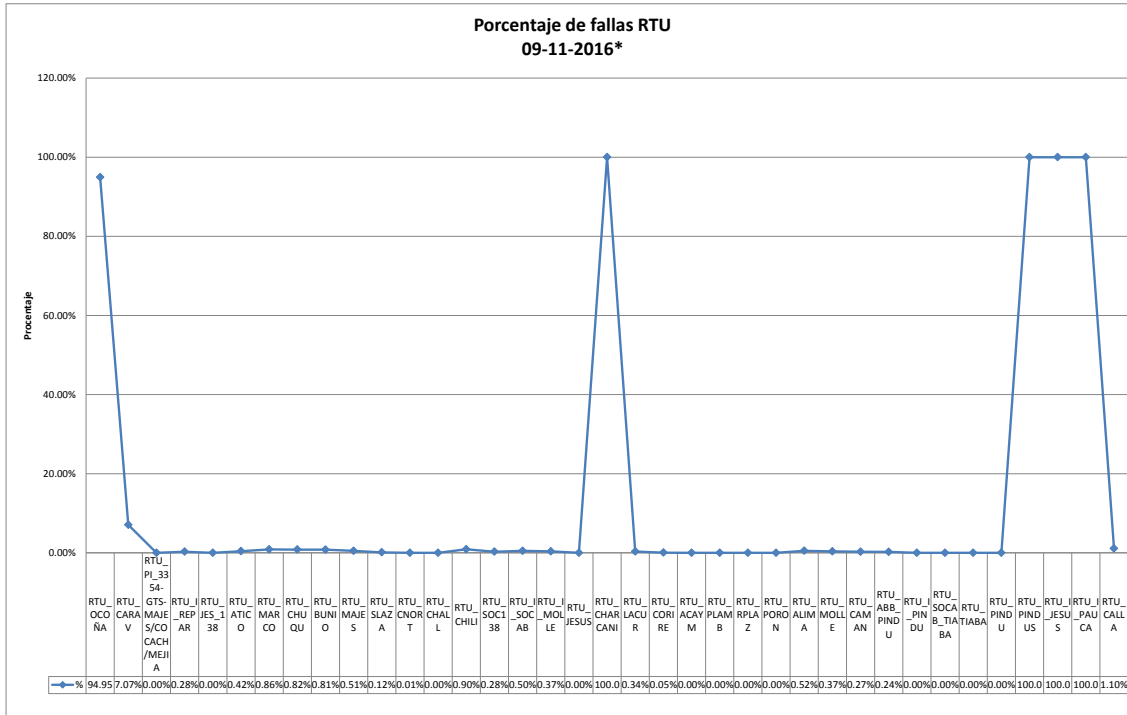
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 82. Latencias mínimas RTU 09/11/2016\***



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 83. Porcentaje de fallas RTU 09/11/2016\***



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 10/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 29. Muestreo del 10/11/2016**

Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	4549	1105	19.54%	105	4447	10/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	5368	285	5.04%	111	4800	10/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	5654	0	0.00%	0	0	10/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	5420	234	4.14%	9	85	10/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	5654	0	0.00%	0	9	10/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5598	55	0.97%	57	2095	10/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	5617	36	0.64%	533	1586	10/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	5622	31	0.55%	536	1586	10/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	5623	30	0.53%	534	1595	10/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	5389	264	4.67%	5	50	10/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	5649	5	0.09%	2	5	10/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	5654	0	0.00%	2	13	10/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	5654	0	0.00%	2	6	10/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	5619	35	0.62%	2	6	10/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	5640	14	0.25%	4	18	10/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	5644	10	0.18%	2	7	10/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	5651	3	0.05%	8	319	10/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	5652	2	0.04%	2	6	10/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	5654	100.00%	0	0	10/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5653	1	0.02%	16	327	10/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	5385	269	4.76%	11	1033	10/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	5654	0	0.00%	2	6	10/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	5654	0	0.00%	2	6	10/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	5654	0	0.00%	2	5	10/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	5654	0	0.00%	2	5	10/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	5640	14	0.25%	10	3180	10/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	5653	1	0.02%	11	327	10/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5653	1	0.02%	12	327	10/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5639	15	0.27%	4	20	10/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	5654	0	0.00%	2	6	10/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	5654	0	0.00%	2	5	10/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	5654	0	0.00%	2	5	10/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	5654	0	0.00%	2	5	10/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	5654	100.00%	0	0	10/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	5654	100.00%	0	0	10/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	5654	100.00%	0	0	10/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	5596	57	1.01%	532	1589	10/11/2016

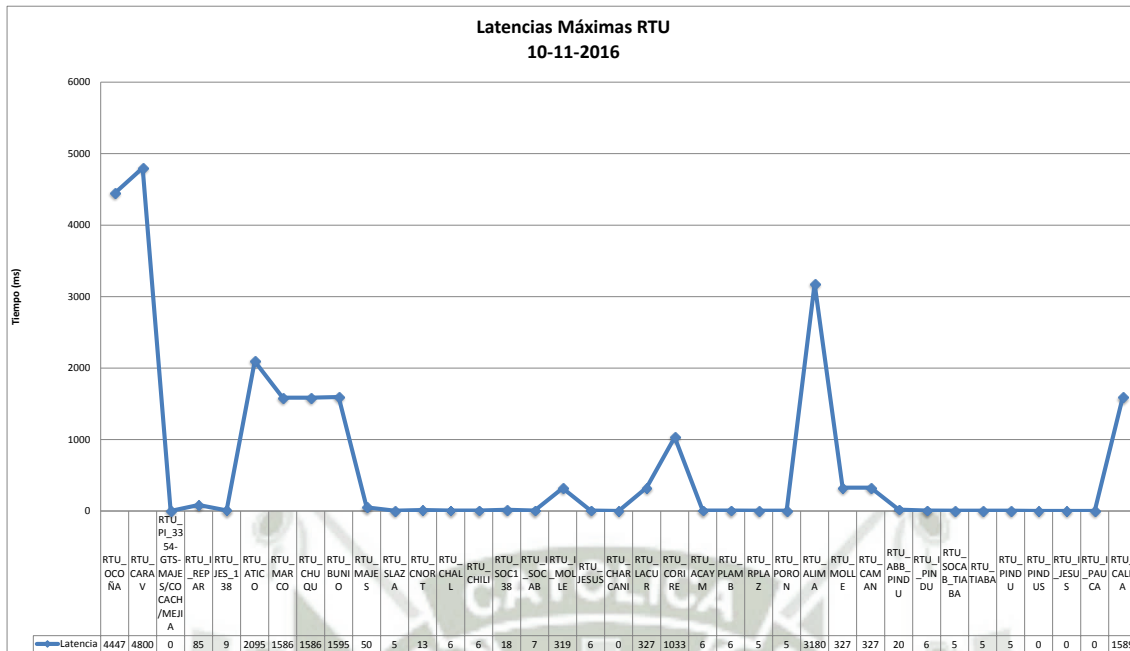
**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:



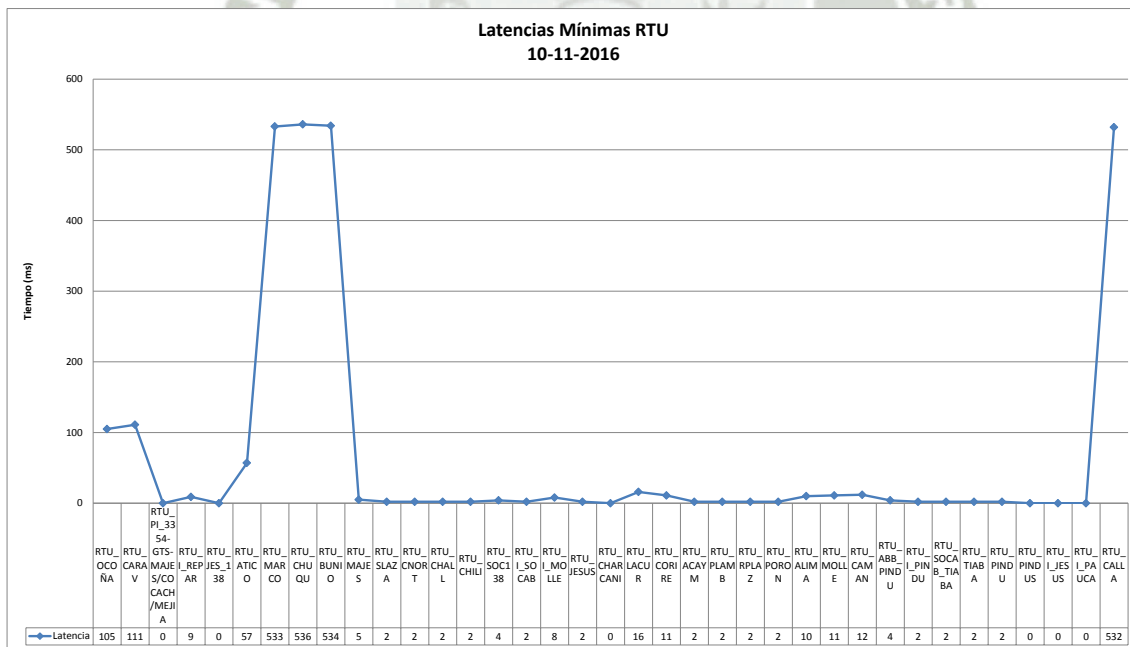
**Gráfico 84. Latencias máximas 10/11/2016**





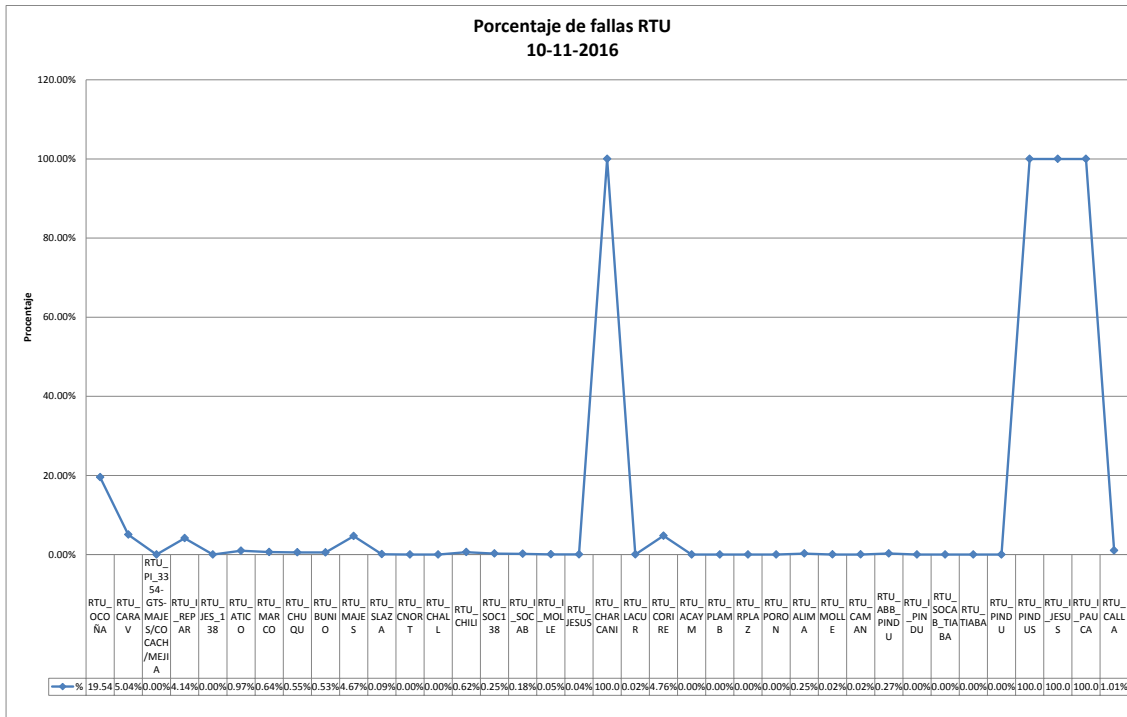
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 85. Latencias mínimas RTU 10/11/2016



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 86. Porcentaje de fallas RTU 10/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 10/11/2016\*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

**Tabla 30. Muestreo del 10/11/2016\***

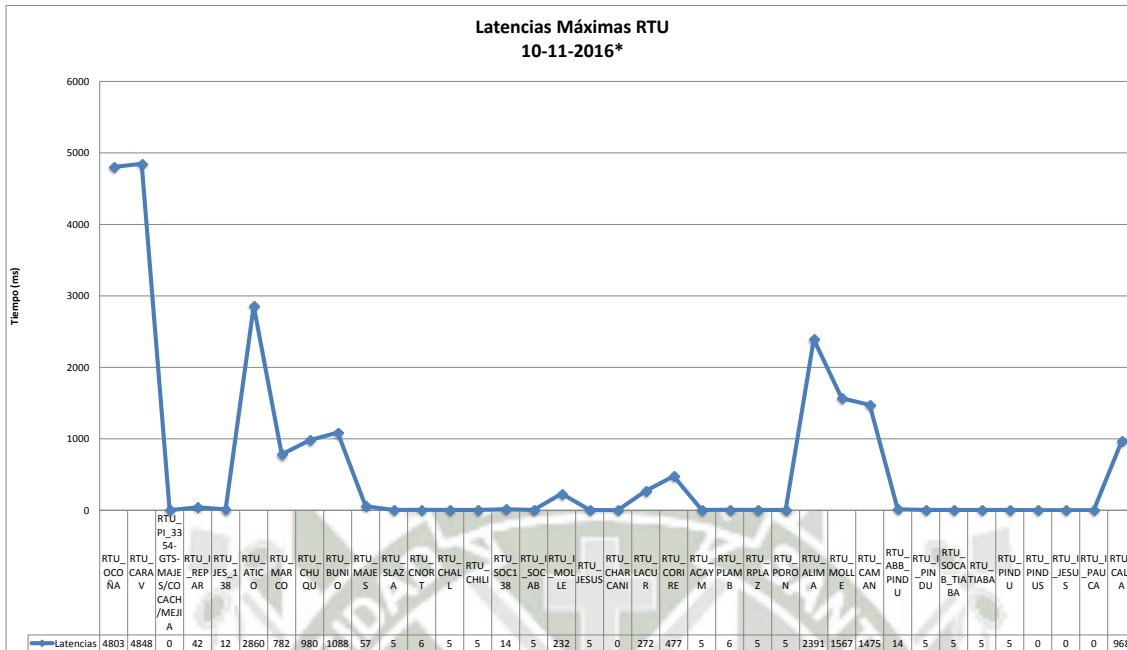
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	8241	8	0.10%	104	4803	10/11/2016 *
192.168.125.3	RTU_CARAV	8220	29	0.35%	112	4848	10/11/2016 *
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	8248	0	0.00%	0	0	10/11/2016 *
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	6641	1608	19.49%	9	42	10/11/2016 *
192.168.78.7	RTU_JES_138	8248	0	0.00%	0	12	10/11/2016 *
172.31.250.16	RTU_ATICO	8183	66	0.80%	57	2860	10/11/2016 *
172.31.249.178	RTU_MARCO	8229	20	0.24%	535	782	10/11/2016 *
172.31.249.162	RTU_CHUQU	8231	18	0.22%	535	980	10/11/2016 *
172.31.249.147	RTU_BUNIO	8233	16	0.19%	534	1088	10/11/2016 *
100.10.20.246	RTU_MAJES	6520	1728	20.95%	5	57	10/11/2016 *
100.10.20.236	RTU_SLAZA	8241	7	0.08%	1	5	10/11/2016 *
100.10.20.231	RTU_CNORT	8248	0	0.00%	2	6	10/11/2016 *
100.10.20.221	RTU_CHALL	8248	0	0.00%	2	5	10/11/2016 *
100.10.20.216	RTU_CHILI	8180	68	0.82%	2	5	10/11/2016 *
100.10.20.213	RTU_SOC138	8228	20	0.24%	3	14	10/11/2016 *
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	8238	10	0.12%	1	5	10/11/2016 *
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	8228	20	0.24%	8	232	10/11/2016 *
100.10.20.201	RTU_JESUS	8248	0	0.00%	1	5	10/11/2016 *
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	8248	100.00%	0	0	10/11/2016 *
100.10.20.180	RTU_LACUR	8233	15	0.18%	16	272	10/11/2016 *
100.10.20.150	RTU_CORIRE	6525	1723	20.89%	10	477	10/11/2016 *
100.10.20.145	RTU_ACAYM	8248	0	0.00%	2	5	10/11/2016 *
100.10.20.140	RTU_PLAMB	8248	0	0.00%	2	6	10/11/2016 *
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	8248	0	0.00%	1	5	10/11/2016 *
100.10.20.130	RTU_PORON	8248	0	0.00%	1	5	10/11/2016 *
100.10.20.126	RTU_ALIMA	8190	58	0.70%	10	2391	10/11/2016 *
100.10.20.122	RTU_MOLLE	8230	18	0.22%	11	1567	10/11/2016 *
100.10.20.116	RTU_CAMAN	8237	11	0.13%	12	1475	10/11/2016 *
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	8219	29	0.35%	4	14	10/11/2016 *
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	8248	0	0.00%	2	5	10/11/2016 *
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	8248	0	0.00%	1	5	10/11/2016 *
100.10.20.90	RTU_TIABA	8248	0	0.00%	1	5	10/11/2016 *
100.10.20.27	RTU_PINDU	8248	0	0.00%	1	5	10/11/2016 *
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	8248	100.00%	0	0	10/11/2016 *
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	8248	100.00%	0	0	10/11/2016 *
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	8248	100.00%	0	0	10/11/2016 *
172.31.249.134	RTU_CALLA	8206	43	0.52%	533	968	10/11/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

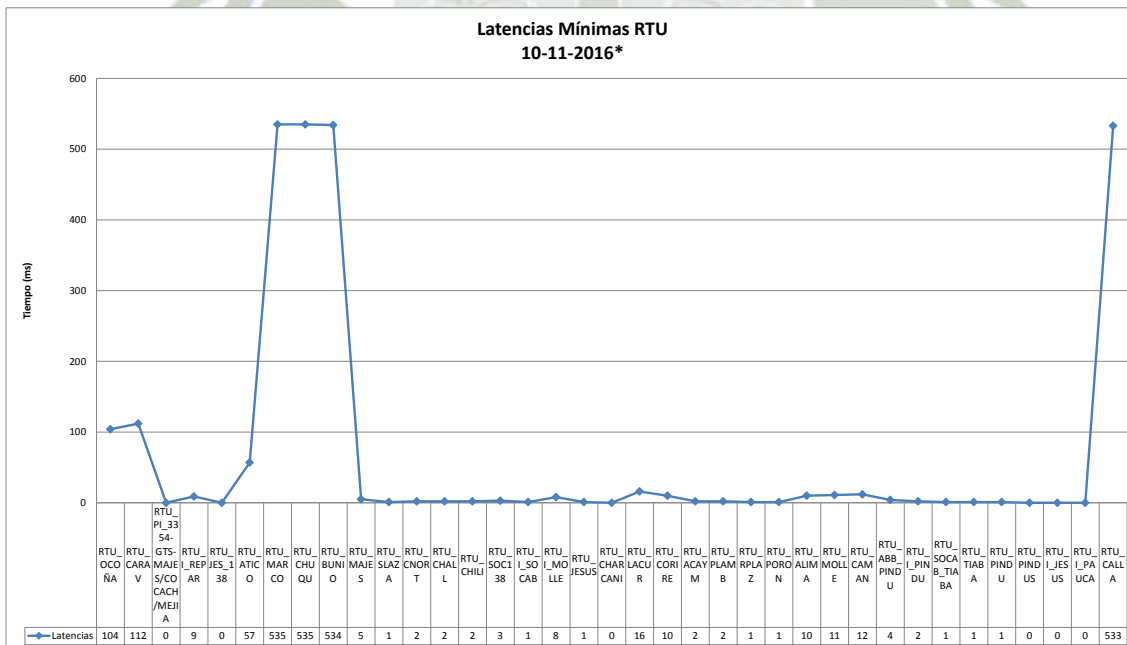


**Gráfico 87. Latencias máximas RTU 10/11/2016\***



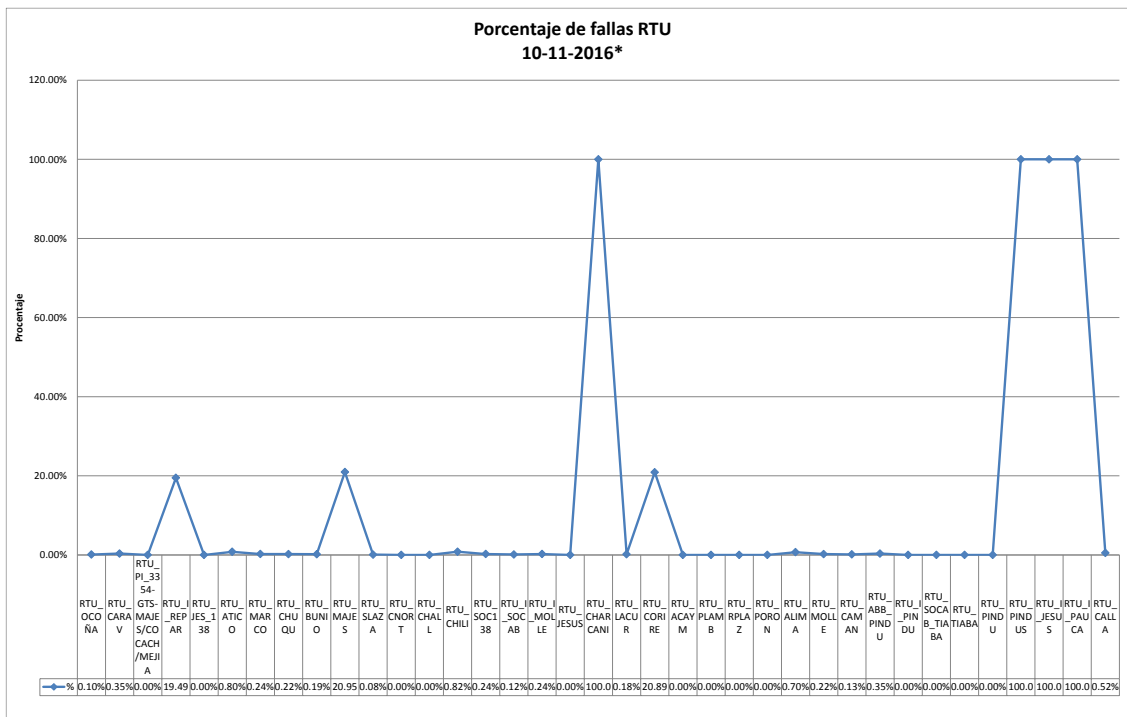
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 88. Latencias mínimas RTU 10/11/ 2016\***



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 89. Porcentaje de fallas RTU 10/11/2016\***



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 12/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 31. Muestreo del 12/11/2016**

Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	40245	3080	7.11%	103	4920	12/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	42588	737	1.70%	111	4895	12/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	43325	0	0.00%	0	1	12/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	35570	7755	17.90%	9	152	12/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	43325	0	0.00%	0	18	12/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	42872	453	1.05%	57	4243	12/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	43013	312	0.72%	533	921	12/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	43047	278	0.64%	534	1112	12/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	43071	254	0.59%	533	995	12/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	35527	7797	18.00%	5	778	12/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	43265	60	0.14%	1	10	12/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	43325	0	0.00%	1	10	12/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	43325	0	0.00%	2	10	12/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	42893	432	1.00%	1	5	12/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	43226	99	0.23%	3	15	12/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	43103	222	0.51%	1	11	12/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	43254	71	0.16%	8	591	12/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	43323	2	0.00%	1	19	12/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	43325	100.00%	0	0	12/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	43290	35	0.08%	16	2052	12/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	35530	7795	17.99%	10	931	12/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	43325	0	0.00%	2	5	12/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	43325	0	0.00%	1	6	12/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	43325	0	0.00%	1	5	12/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	43325	0	0.00%	1	5	12/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	43164	161	0.37%	10	3163	12/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	43276	49	0.11%	11	1986	12/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	43265	60	0.14%	12	2563	12/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	43203	122	0.28%	4	18	12/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	43325	0	0.00%	1	5	12/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	43325	0	0.00%	1	5	12/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	43325	0	0.00%	1	6	12/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	43311	14	0.03%	1	5	12/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	43325	100.00%	0	0	12/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	43325	100.00%	0	0	12/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	43325	100.00%	0	0	12/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	42336	989	2.28%	533	977	12/11/2016

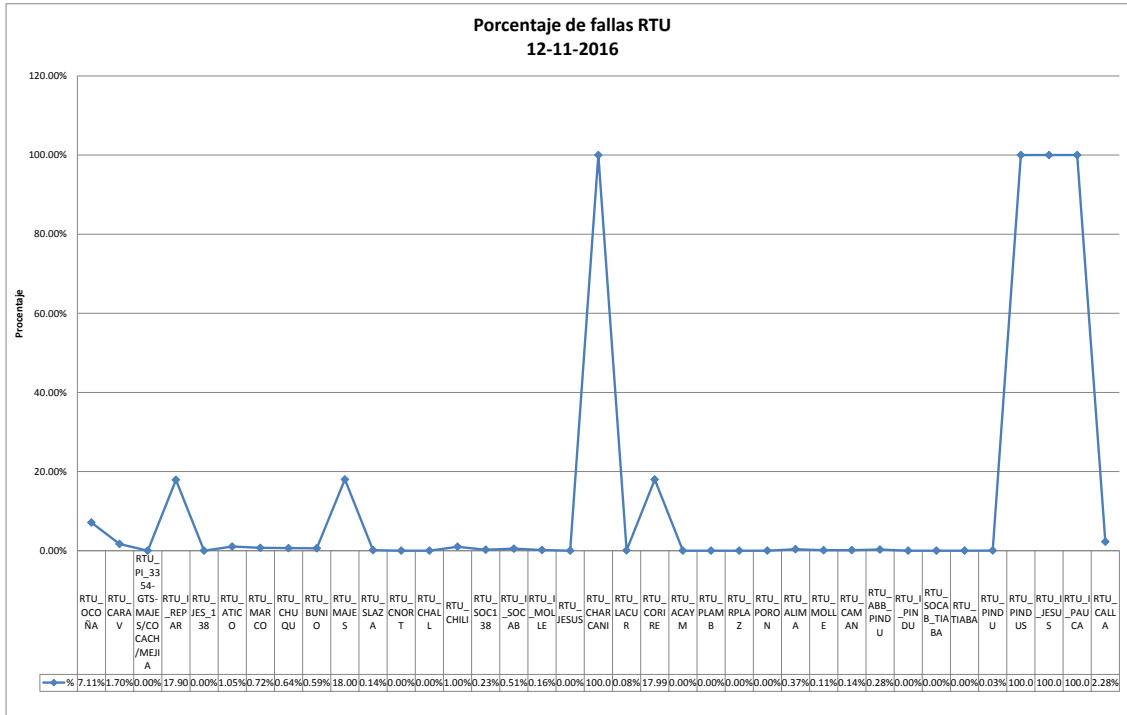
**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:





**Gráfico 92. Porcentaje de fallas RTU 12/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 14/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:



**Tabla 32. Muestreo del 14/11/2016**

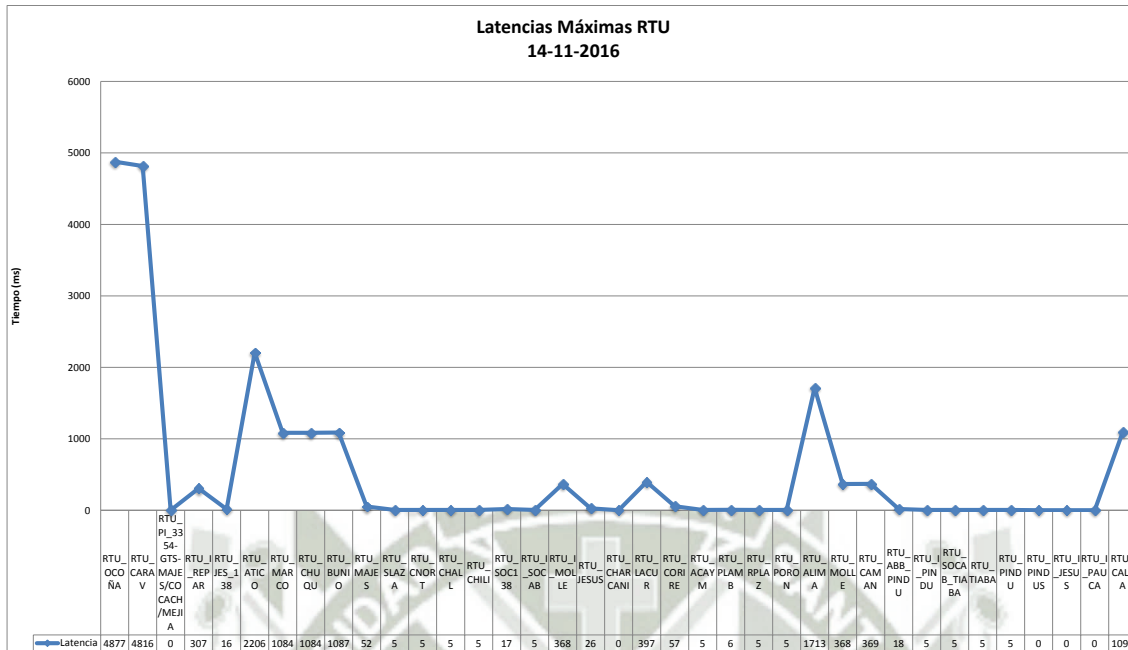
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	5887	11	0.19%	98	4877	14/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	5232	666	11.29%	112	4816	14/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	5898	0	0.00%	0	0	14/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	5825	74	1.25%	10	307	14/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	5898	0	0.00%	0	16	14/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	5569	329	5.58%	57	2206	14/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	5858	39	0.66%	534	1084	14/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	5869	28	0.47%	535	1084	14/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	5874	23	0.39%	533	1087	14/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	5795	103	1.75%	5	52	14/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	5895	3	0.05%	1	5	14/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	5898	0	0.00%	2	5	14/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	5898	0	0.00%	2	5	14/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	5830	68	1.15%	1	5	14/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	5885	13	0.22%	3	17	14/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	5870	28	0.47%	2	5	14/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	5894	4	0.07%	8	368	14/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	5898	0	0.00%	1	26	14/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	5898	100.00%	0	0	14/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	5898	0	0.00%	16	397	14/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	5828	70	1.19%	10	57	14/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	5898	0	0.00%	2	5	14/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	5898	0	0.00%	2	6	14/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	5898	0	0.00%	1	5	14/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	5898	0	0.00%	1	5	14/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	5873	25	0.42%	10	1713	14/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	5898	0	0.00%	11	368	14/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	5898	0	0.00%	12	369	14/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	5892	6	0.10%	4	18	14/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	5898	0	0.00%	2	5	14/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	5898	0	0.00%	1	5	14/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	5898	0	0.00%	1	5	14/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	5898	0	0.00%	1	5	14/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	5898	100.00%	0	0	14/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	5898	100.00%	0	0	14/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	5898	100.00%	0	0	14/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	5837	60	1.02%	535	1093	14/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

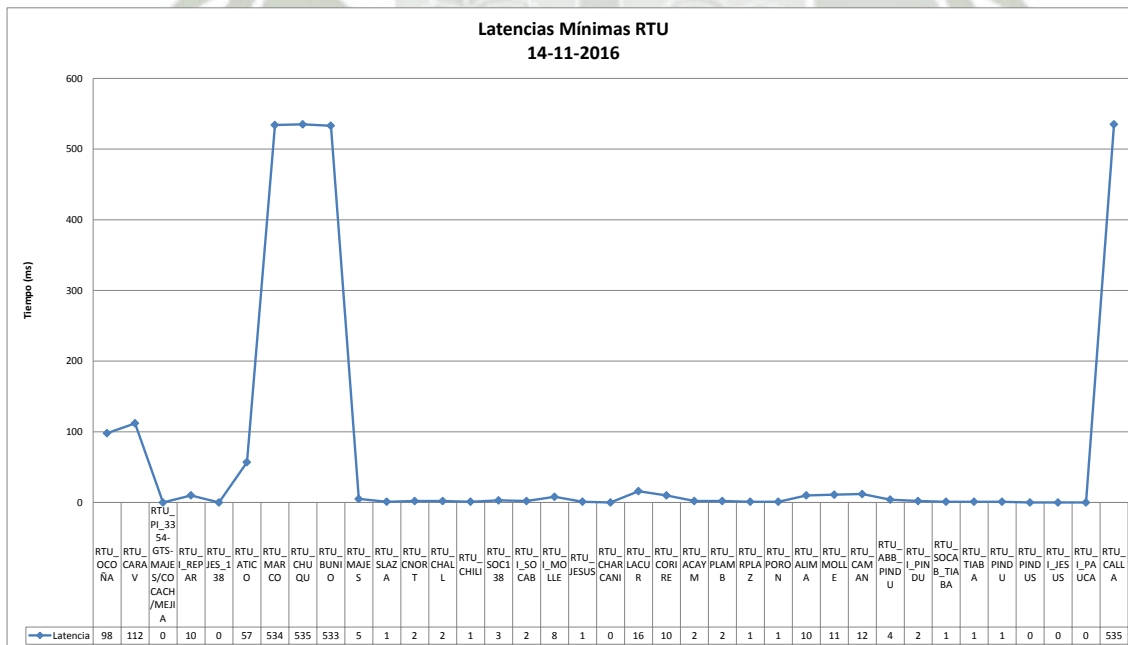


**Gráfico 93. Latencias máximas RTU 14/11/2016**



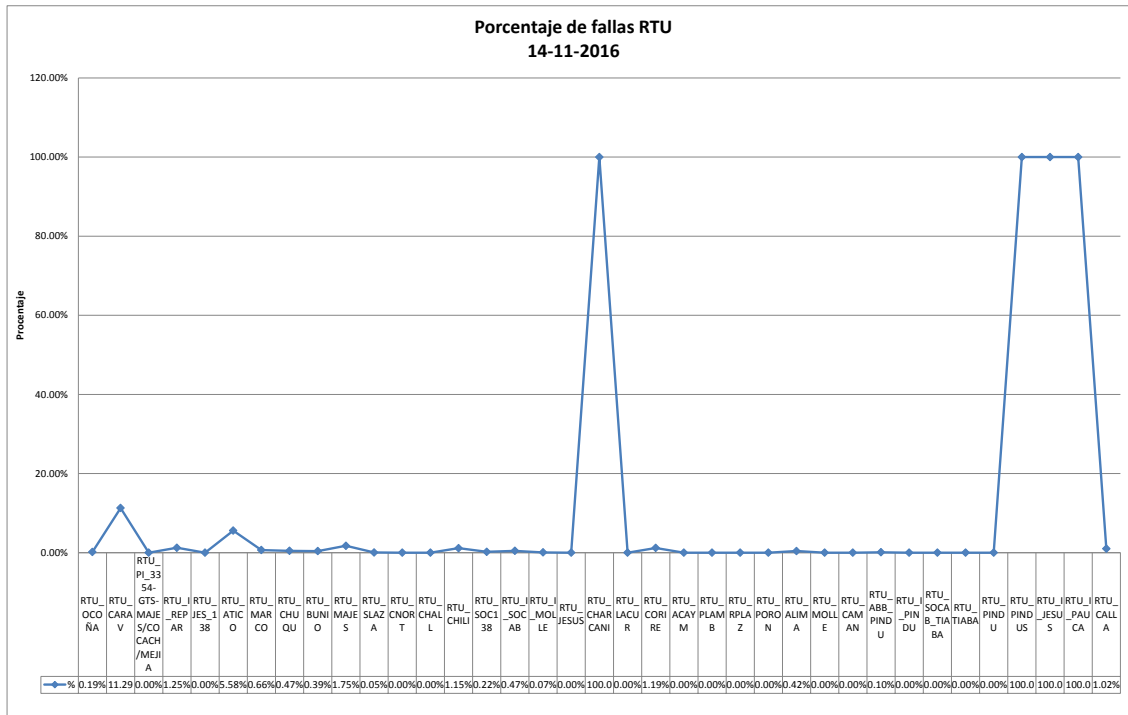
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 94. Latencias mínimas RTU 14/11/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 95. Porcentaje de fallas RTU 14/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 14/11/2016\*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

**Tabla 33. Muestreo del 14/11/2016\***

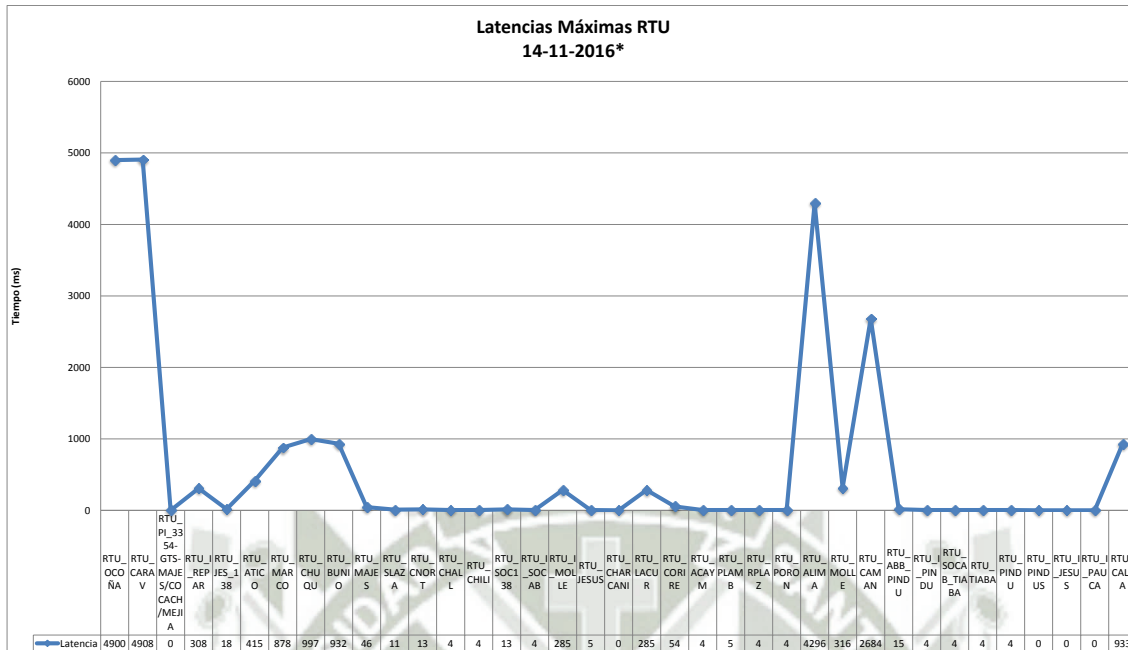
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	8321	34	0.41%	108	4900	14/11/2016*
192.168.125.3	RTU_CARAV	8313	42	0.50%	111	4908	14/11/2016*
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	8355	0	0.00%	0	0	14/11/2016*
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	8116	239	2.86%	9	308	14/11/2016*
192.168.78.7	RTU_JES_138	8355	0	0.00%	0	18	14/11/2016*
172.31.250.16	RTU_ATICO	8181	174	2.08%	57	415	14/11/2016*
172.31.249.178	RTU_MARCO	8312	43	0.51%	533	878	14/11/2016*
172.31.249.162	RTU_CHUQU	8312	43	0.51%	536	997	14/11/2016*
172.31.249.147	RTU_BUNIO	8311	44	0.53%	536	932	14/11/2016*
100.10.20.246	RTU_MAJES	8106	249	2.98%	5	46	14/11/2016*
100.10.20.236	RTU_SLAZA	8349	6	0.07%	2	11	14/11/2016*
100.10.20.231	RTU_CNORT	8355	0	0.00%	2	13	14/11/2016*
100.10.20.221	RTU_CHALL	8355	0	0.00%	2	4	14/11/2016*
100.10.20.216	RTU_CHILI	8281	74	0.89%	2	4	14/11/2016*
100.10.20.213	RTU_SOC138	8336	19	0.23%	4	13	14/11/2016*
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	8322	33	0.39%	2	4	14/11/2016*
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	8348	7	0.08%	8	285	14/11/2016*
100.10.20.201	RTU_JESUS	8353	2	0.02%	2	5	14/11/2016*
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	8356	100.00%	0	0	14/11/2016*
100.10.20.180	RTU_LACUR	8354	1	0.01%	16	285	14/11/2016*
100.10.20.150	RTU_CORIRE	8127	228	2.73%	10	54	14/11/2016*
100.10.20.145	RTU_ACAYM	8355	0	0.00%	2	4	14/11/2016*
100.10.20.140	RTU_PLAMB	8355	0	0.00%	2	5	14/11/2016*
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	8355	0	0.00%	2	4	14/11/2016*
100.10.20.130	RTU_PORON	8355	0	0.00%	2	4	14/11/2016*
100.10.20.126	RTU_ALIMA	8308	47	0.56%	10	4296	14/11/2016*
100.10.20.122	RTU_MOLLE	8354	1	0.01%	11	316	14/11/2016*
100.10.20.116	RTU_CAMAN	8297	58	0.69%	12	2684	14/11/2016*
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	8334	21	0.25%	4	15	14/11/2016*
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	8354	1	0.01%	2	4	14/11/2016*
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	8355	0	0.00%	2	4	14/11/2016*
100.10.20.90	RTU_TIABA	8355	0	0.00%	2	4	14/11/2016*
100.10.20.27	RTU_PINDU	8355	0	0.00%	2	4	14/11/2016*
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	8356	100.00%	0	0	14/11/2016*
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	8356	100.00%	0	0	14/11/2016*
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	8356	100.00%	0	0	14/11/2016*
172.31.249.134	RTU_CALLA	8291	64	0.77%	536	933	14/11/2016*

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

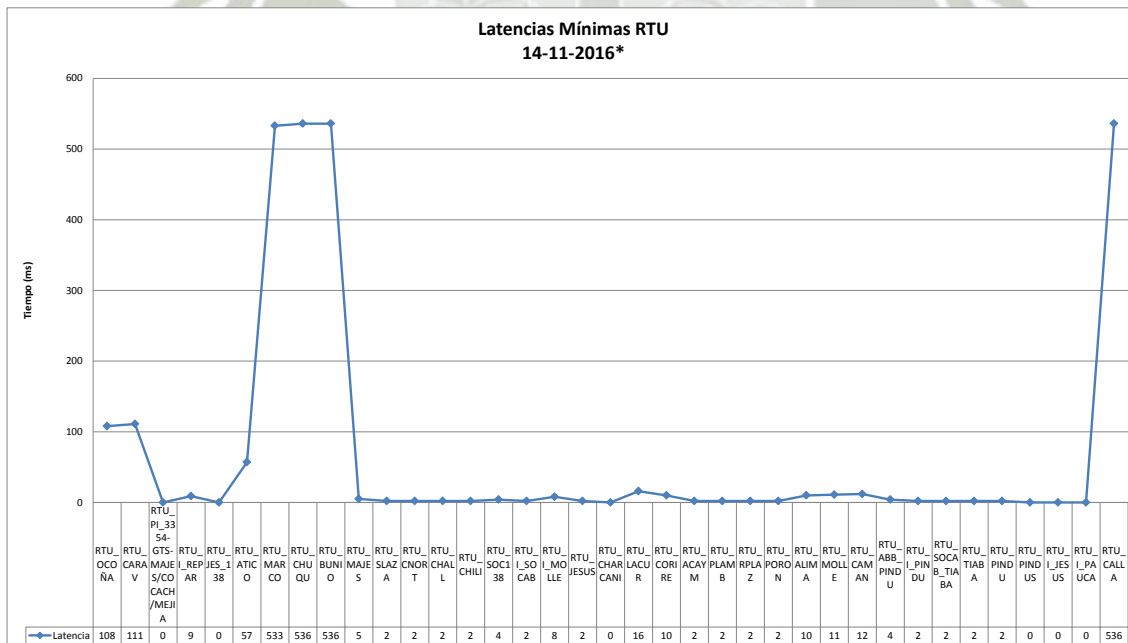


**Gráfico 96. Latencias máximas RTU 14/11/2016\***



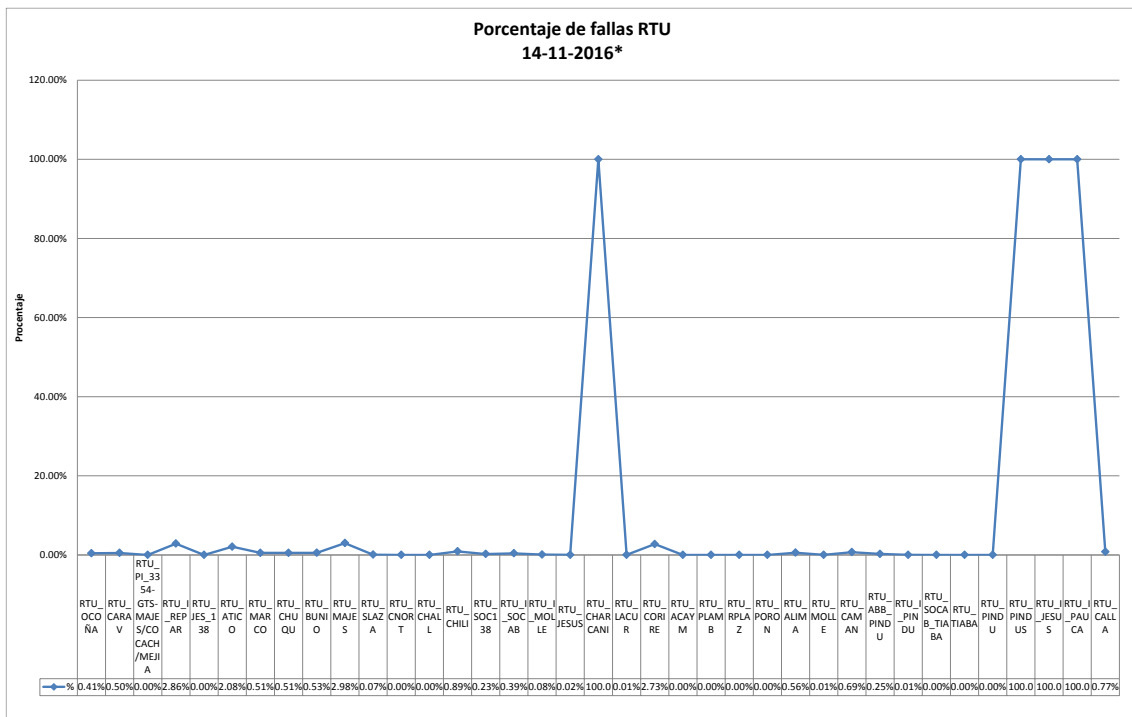
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 97. Latencias mínimas RTU 14/11/2016\***



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 98. Porcentaje de fallas RTU 14/11/2016\*



Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 15/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 34. Muestreo del 15/11/2016**

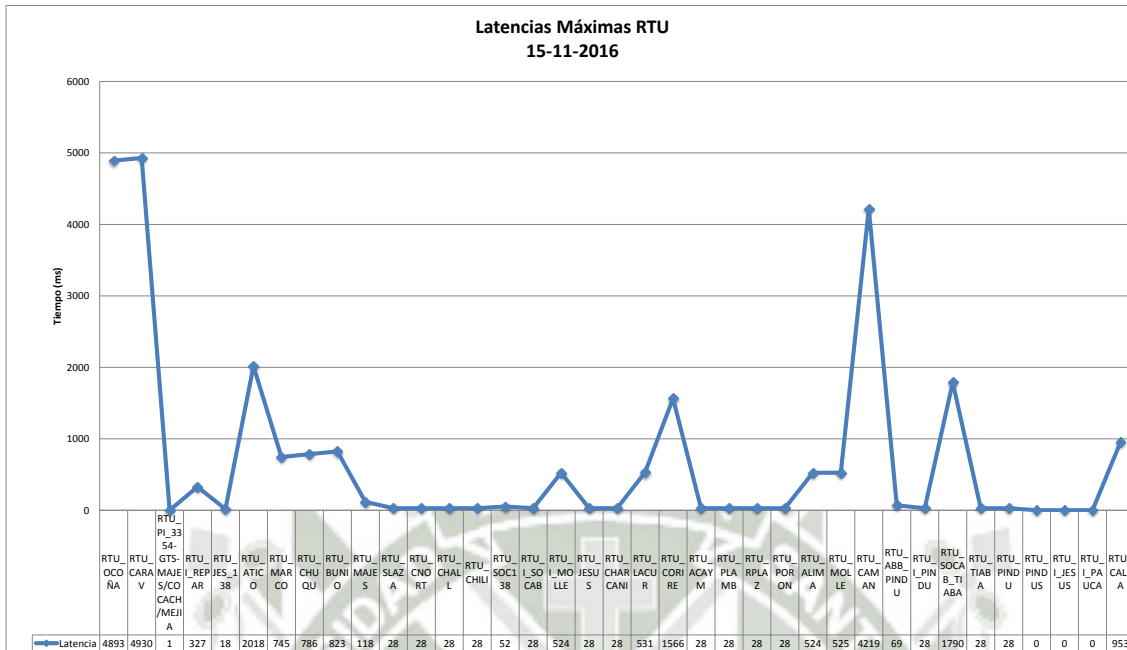
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	7121	481	6.33%	112	4893	15/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	7310	292	3.84%	114	4930	15/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	7603	0	0.00%	0	1	15/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	7532	71	0.93%	10	327	15/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	7603	0	0.00%	0	18	15/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	7401	202	2.66%	57	2018	15/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	7540	62	0.82%	534	745	15/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	7535	67	0.88%	533	786	15/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	7540	62	0.82%	534	823	15/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	7467	136	1.79%	5	118	15/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	7557	46	0.61%	2	28	15/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	7563	40	0.53%	2	28	15/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	7562	41	0.54%	2	28	15/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	7460	143	1.88%	2	28	15/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	7481	122	1.60%	3	52	15/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	7557	46	0.61%	2	28	15/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	7552	51	0.67%	8	524	15/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	7562	41	0.54%	2	28	15/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	6232	1372	18.04%	2	28	15/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	7556	47	0.62%	16	531	15/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	7516	88	1.16%	10	1566	15/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	7562	41	0.54%	2	28	15/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	7563	40	0.53%	2	28	15/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	7563	40	0.53%	2	28	15/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	7562	41	0.54%	2	28	15/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	7548	55	0.72%	10	524	15/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	7553	50	0.66%	11	525	15/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	7481	122	1.60%	12	4219	15/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	7492	111	1.46%	4	69	15/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	7563	40	0.53%	2	28	15/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	7564	39	0.51%	2	1790	15/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	7562	41	0.54%	2	28	15/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	7562	41	0.54%	2	28	15/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	7603	100.00%	0	0	15/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	7603	100.00%	0	0	15/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	7603	100.00%	0	0	15/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	7353	249	3.28%	533	953	15/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

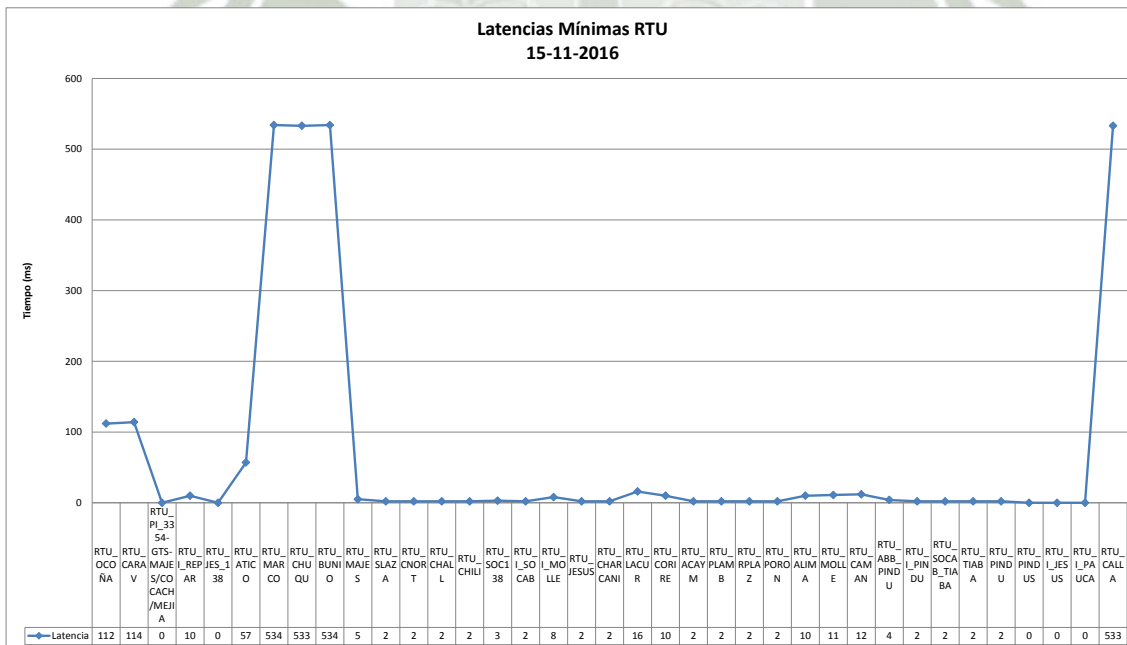


**Gráfico 99. Latencias máximas RTU 15/11/2016**



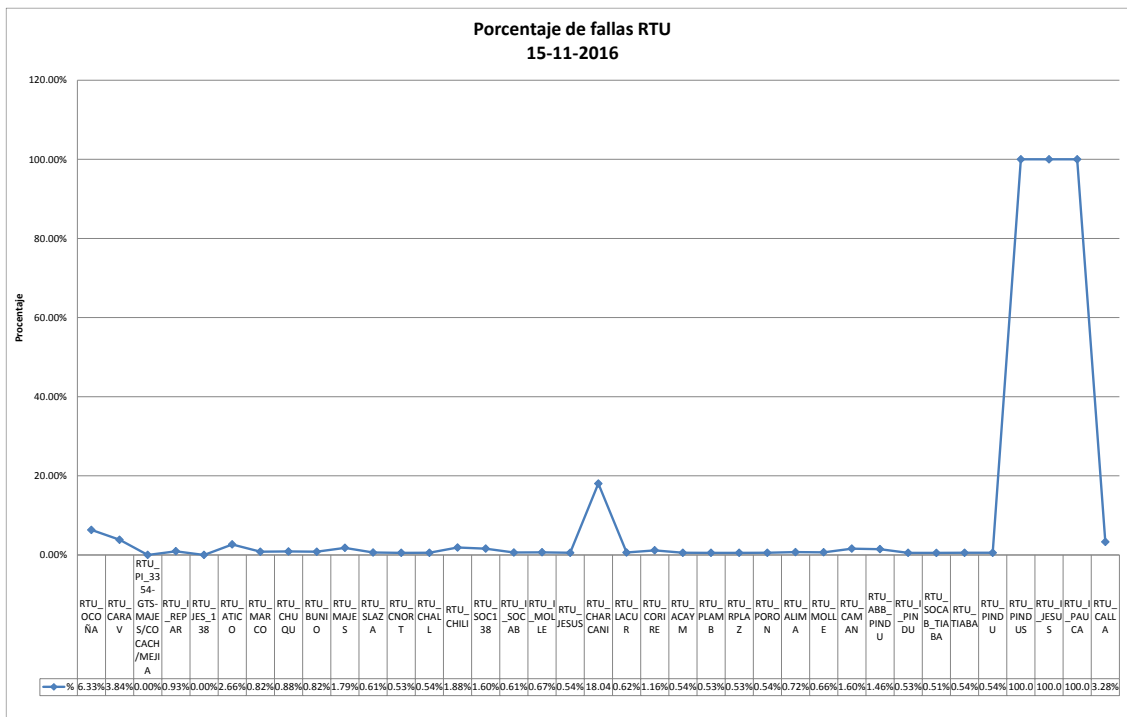
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 100. Latencias mínimas RTU 15/11/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 101. Porcentaje de fallas RTU 15/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 15/11/2016\*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

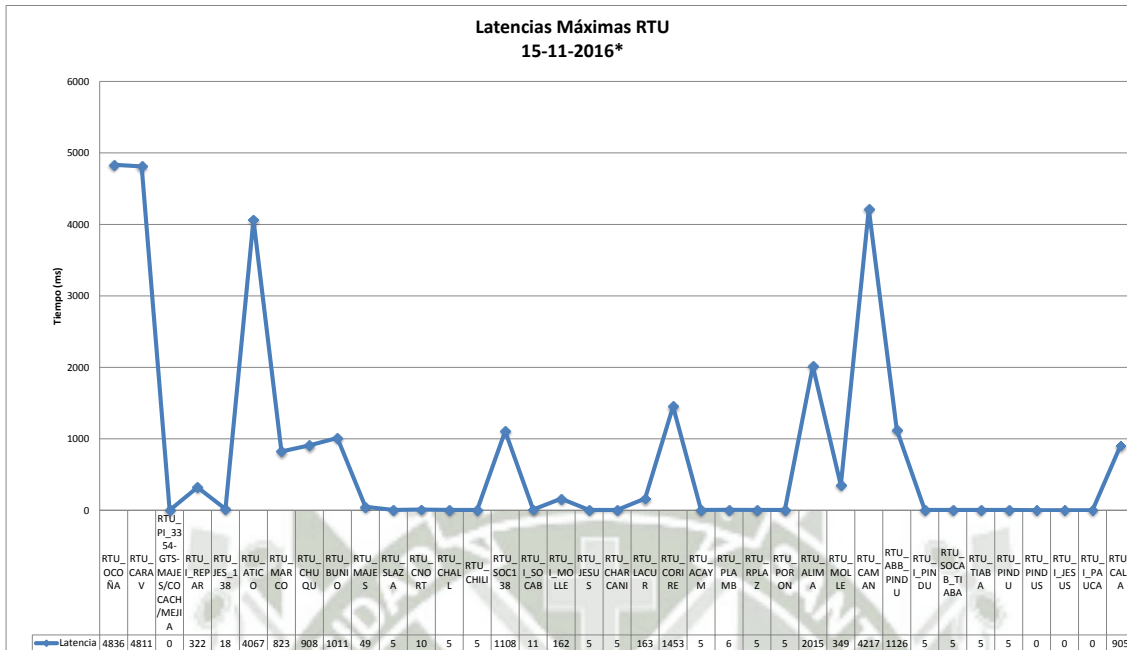
**Gráfico 102. Muestreo del 15/11/2016\***

Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	9869	879	8.18%	228	4836	15/11/2016 *
192.168.125.3	RTU_CARAV	9142	1606	14.94%	111	4811	15/11/2016 *
192.168.120.10	RTU_PL_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	10748	0	0.00%	0	0	15/11/2016 *
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	10713	35	0.33%	10	322	15/11/2016 *
192.168.78.7	RTU_JES_138	10748	0	0.00%	0	18	15/11/2016 *
172.31.250.16	RTU_ÁTICO	10499	249	2.32%	57	4067	15/11/2016 *
172.31.249.178	RTU_MARCO	10714	34	0.32%	532	823	15/11/2016 *
172.31.249.162	RTU_CHUQU	10716	32	0.30%	536	908	15/11/2016 *
172.31.249.147	RTU_BUNIO	10721	27	0.25%	533	1011	15/11/2016 *
100.10.20.246	RTU_MAJES	10694	54	0.50%	5	49	15/11/2016 *
100.10.20.236	RTU_SLAZA	10738	10	0.09%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.231	RTU_CNORT	10748	0	0.00%	2	10	15/11/2016 *
100.10.20.221	RTU_CHALL	10748	0	0.00%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.216	RTU_CHILI	10576	172	1.60%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.213	RTU_SOC138	10541	207	1.93%	3	1108	15/11/2016 *
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	10700	48	0.45%	2	11	15/11/2016 *
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	10739	9	0.08%	8	162	15/11/2016 *
100.10.20.201	RTU_JESUS	10747	1	0.01%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	10747	1	0.01%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.180	RTU_LACUR	10748	0	0.00%	16	163	15/11/2016 *
100.10.20.150	RTU_CORIRE	10680	68	0.63%	10	1453	15/11/2016 *
100.10.20.145	RTU_ACAYM	10748	0	0.00%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.140	RTU_PLAMB	10748	0	0.00%	2	6	15/11/2016 *
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	10748	0	0.00%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.130	RTU_PORON	10748	0	0.00%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.126	RTU_ALIMA	10706	42	0.39%	10	2015	15/11/2016 *
100.10.20.122	RTU_MOLLE	10743	5	0.05%	11	349	15/11/2016 *
100.10.20.116	RTU_CAMAN	10391	357	3.32%	12	4217	15/11/2016 *
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	10535	213	1.98%	4	1126	15/11/2016 *
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	10748	0	0.00%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	10748	0	0.00%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.90	RTU_TIABA	10748	0	0.00%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.27	RTU_PINDU	10748	0	0.00%	2	5	15/11/2016 *
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	10748	100.00%	0	0	15/11/2016 *
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	10748	100.00%	0	0	15/11/2016 *
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	10748	100.00%	0	0	15/11/2016 *
172.31.249.134	RTU_CALLA	10670	78	0.73%	535	905	15/11/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

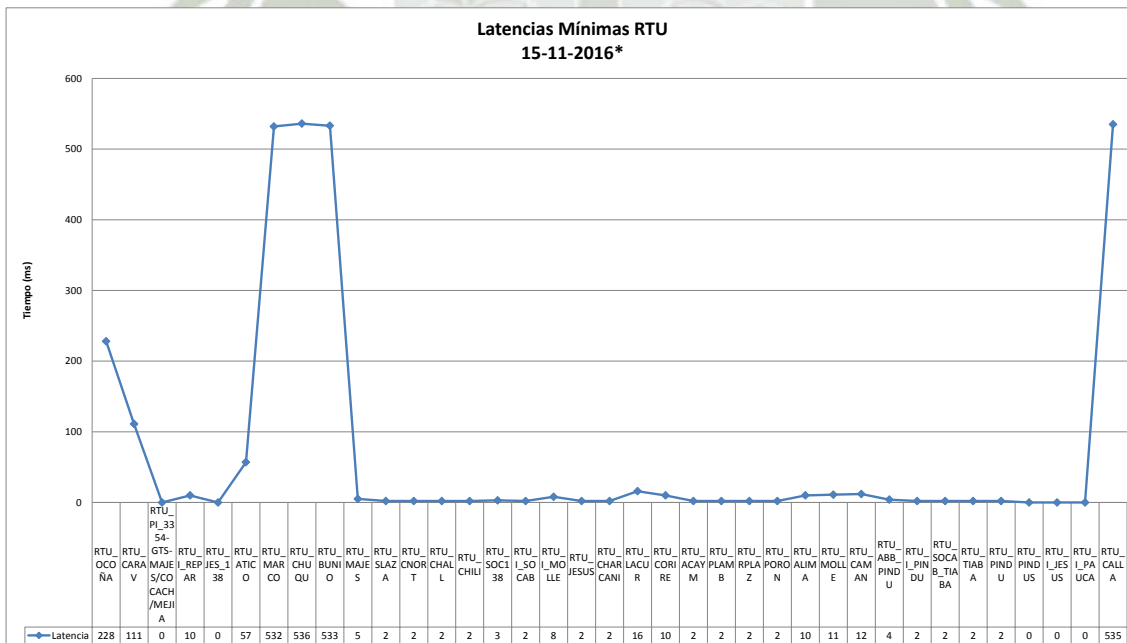
De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

**Gráfico 103. Latencias máximas RTU 15/11/2016\***



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 104. Latencias mínimas RTU 15/11/2016\***





**Tabla 35. Muestreo del 16/11/2016**

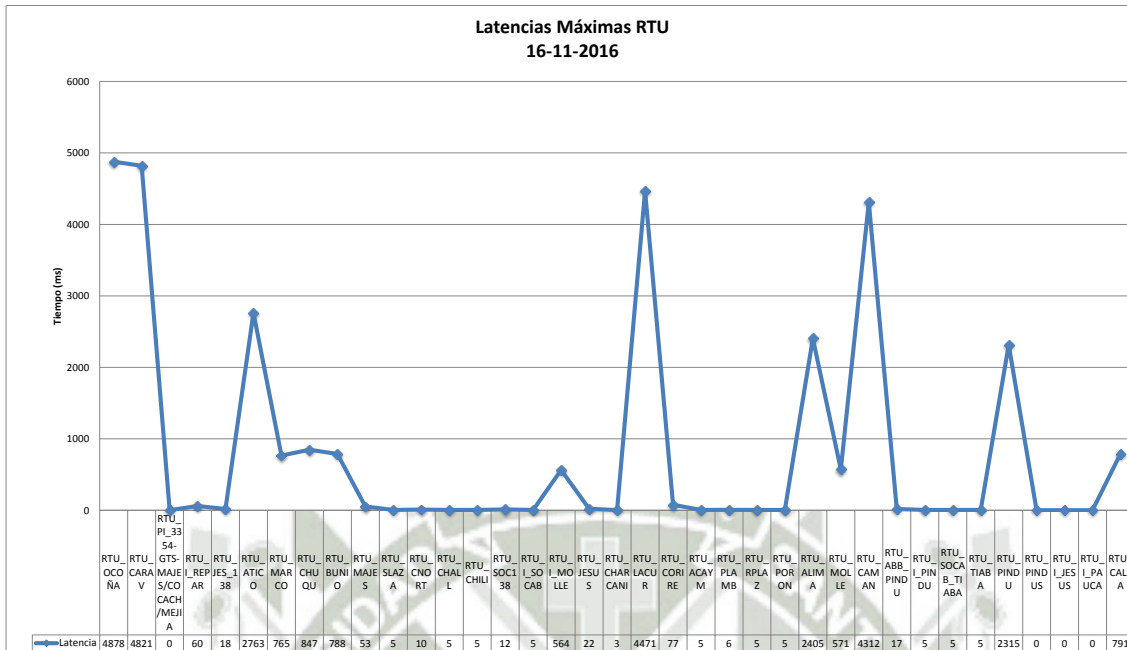
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	6153	1110	15.28%	261	4878	16/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	7191	72	0.99%	110	4821	16/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	7263	0	0.00%	0	0	16/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	7200	63	0.87%	9	60	16/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	7263	0	0.00%	0	18	16/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	7052	211	2.91%	57	2763	16/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	7205	58	0.80%	533	765	16/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	7215	48	0.66%	533	847	16/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	7207	56	0.77%	535	788	16/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	7192	71	0.98%	5	53	16/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	7258	5	0.07%	1	5	16/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	7263	0	0.00%	1	10	16/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	7263	0	0.00%	2	5	16/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	7182	81	1.12%	2	5	16/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	7174	89	1.23%	3	12	16/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	7250	13	0.18%	1	5	16/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	7251	12	0.17%	8	564	16/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	7262	1	0.01%	1	22	16/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	71	7192	99.02%	1	3	16/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	7260	3	0.04%	16	4471	16/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	7219	44	0.61%	10	77	16/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	7263	0	0.00%	2	5	16/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	7263	0	0.00%	2	6	16/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	7263	0	0.00%	1	5	16/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	7263	0	0.00%	1	5	16/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	7256	7	0.10%	10	2405	16/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	7259	4	0.06%	11	571	16/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	7149	114	1.57%	12	4312	16/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	7176	87	1.20%	4	17	16/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	7263	0	0.00%	2	5	16/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	7263	0	0.00%	1	5	16/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	7263	0	0.00%	1	5	16/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	7248	15	0.21%	1	2315	16/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	7264	100.00%	0	0	16/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	7264	100.00%	0	0	16/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	7264	100.00%	0	0	16/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	6874	389	5.36%	535	791	16/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

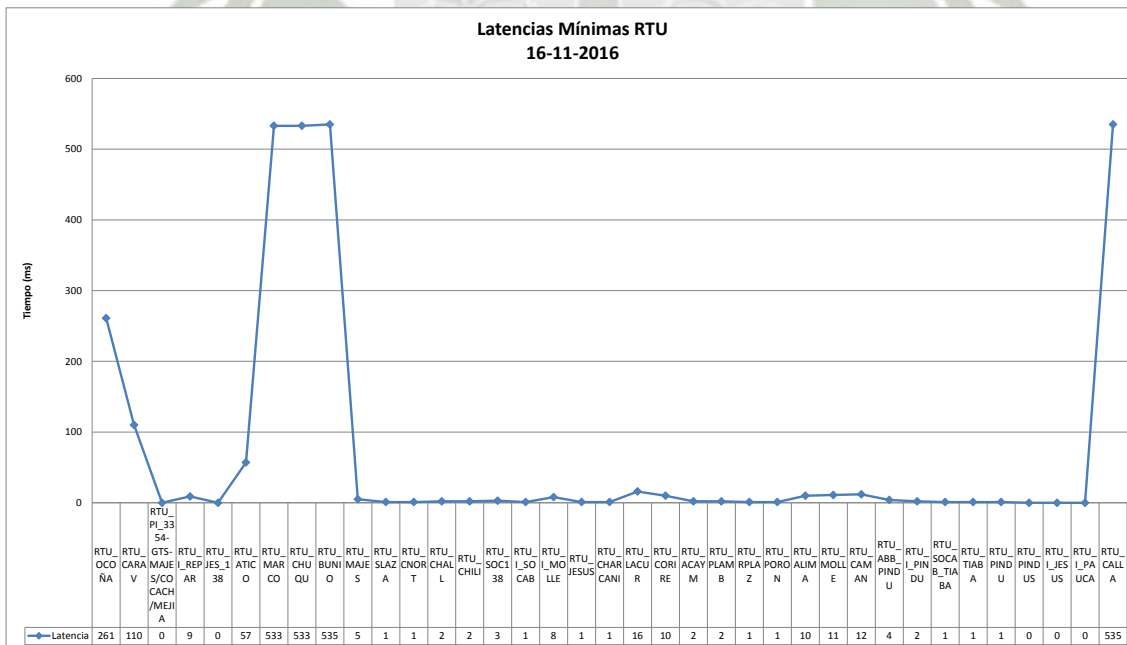


**Gráfico 105. Latencias máximas RTU 16/11/2016**



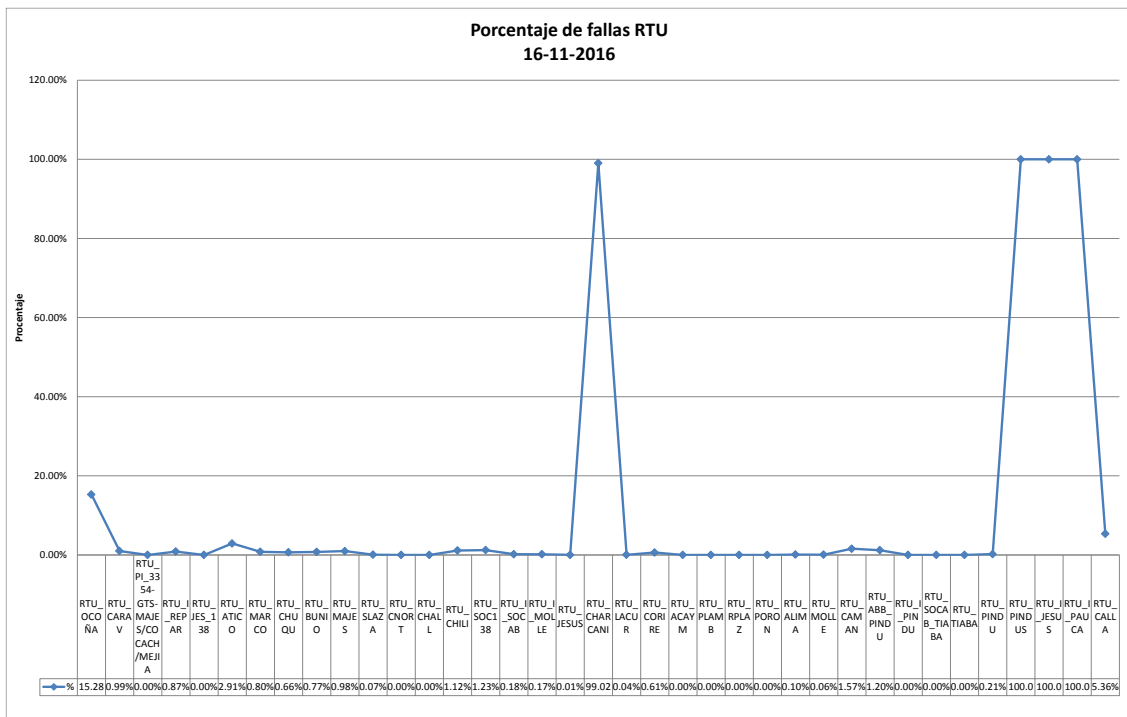
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 106. Latencias mínimas RTU 16/11/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 107. Porcentaje de fallas RTU 16/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 16/11/2016\*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

**Tabla 36. Muestreo 16/11/2016\***

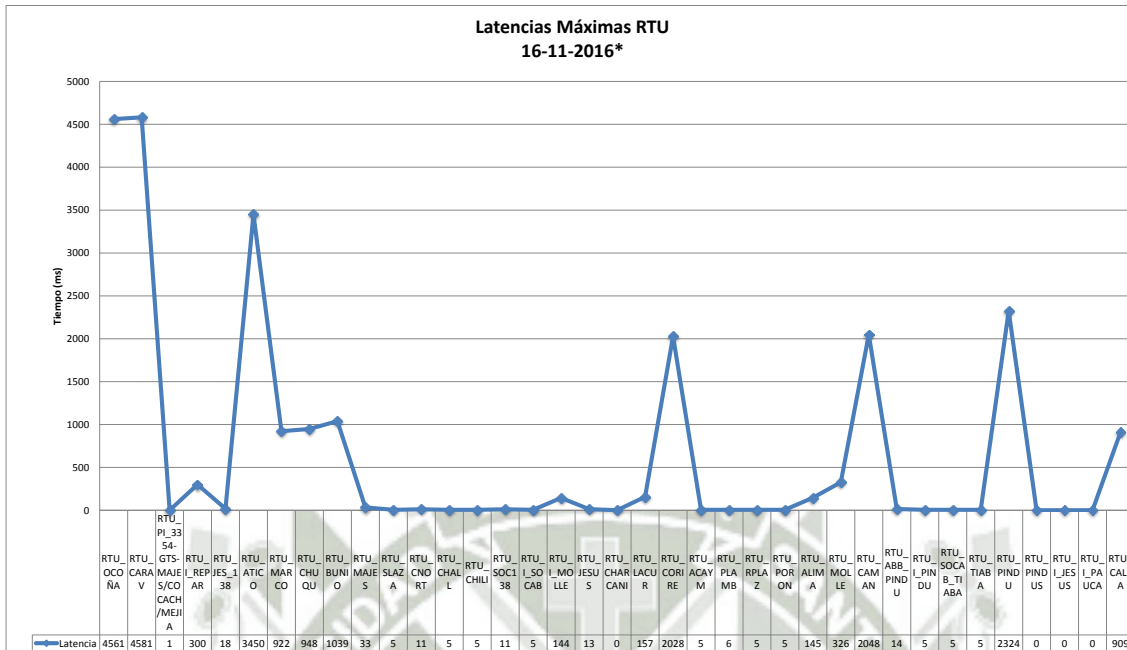
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	9536	628	6.18%	225	4561	16/11/2016 *
192.168.125.3	RTU_CARAV	10149	14	0.14%	110	4581	16/11/2016 *
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	10164	0	0.00%	0	1	16/11/2016 *
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	6848	3316	32.62%	9	300	16/11/2016 *
192.168.78.7	RTU_JES_138	10164	0	0.00%	0	18	16/11/2016 *
172.31.250.16	RTU_ATICO	9938	226	2.22%	57	3450	16/11/2016 *
172.31.249.178	RTU_MARCO	10129	35	0.34%	533	922	16/11/2016 *
172.31.249.162	RTU_CHUQU	10134	30	0.30%	535	948	16/11/2016 *
172.31.249.147	RTU_BUNIO	10132	32	0.31%	533	1039	16/11/2016 *
100.10.20.246	RTU_MAJES	9827	337	3.32%	5	33	16/11/2016 *
100.10.20.236	RTU_SLAZA	10161	3	0.03%	1	5	16/11/2016 *
100.10.20.231	RTU_CNORT	10164	0	0.00%	1	11	16/11/2016 *
100.10.20.221	RTU_CHALL	10164	0	0.00%	1	5	16/11/2016 *
100.10.20.216	RTU_CHILI	10033	131	1.29%	1	5	16/11/2016 *
100.10.20.213	RTU_SOC138	10141	23	0.23%	3	11	16/11/2016 *
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	10124	40	0.39%	1	5	16/11/2016 *
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	10157	7	0.07%	8	144	16/11/2016 *
100.10.20.201	RTU_JESUS	10163	1	0.01%	1	13	16/11/2016 *
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	10164	100.00%	0	0	16/11/2016 *
100.10.20.180	RTU_LACUR	10161	3	0.03%	16	157	16/11/2016 *
100.10.20.150	RTU_CORIRE	9862	302	2.97%	10	2028	16/11/2016 *
100.10.20.145	RTU_ACAYM	10163	1	0.01%	1	5	16/11/2016 *
100.10.20.140	RTU_PLAMB	10164	0	0.00%	2	6	16/11/2016 *
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	10164	0	0.00%	0	5	16/11/2016 *
100.10.20.130	RTU_PORON	10164	0	0.00%	1	5	16/11/2016 *
100.10.20.126	RTU_ALIMA	10145	19	0.19%	10	145	16/11/2016 *
100.10.20.122	RTU_MOLLE	10160	4	0.04%	11	326	16/11/2016 *
100.10.20.116	RTU_CAMAN	10055	109	1.07%	12	2048	16/11/2016 *
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	10137	27	0.27%	4	14	16/11/2016 *
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	10163	1	0.01%	1	5	16/11/2016 *
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	10164	0	0.00%	1	5	16/11/2016 *
100.10.20.90	RTU_TIABA	10164	0	0.00%	1	5	16/11/2016 *
100.10.20.27	RTU_PINDU	10159	5	0.05%	1	2324	16/11/2016 *
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	10163	100.00%	0	0	16/11/2016 *
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	10163	100.00%	0	0	16/11/2016 *
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	10163	100.00%	0	0	16/11/2016 *
172.31.249.134	RTU_CALLA	9945	219	2.15%	536	909	16/11/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

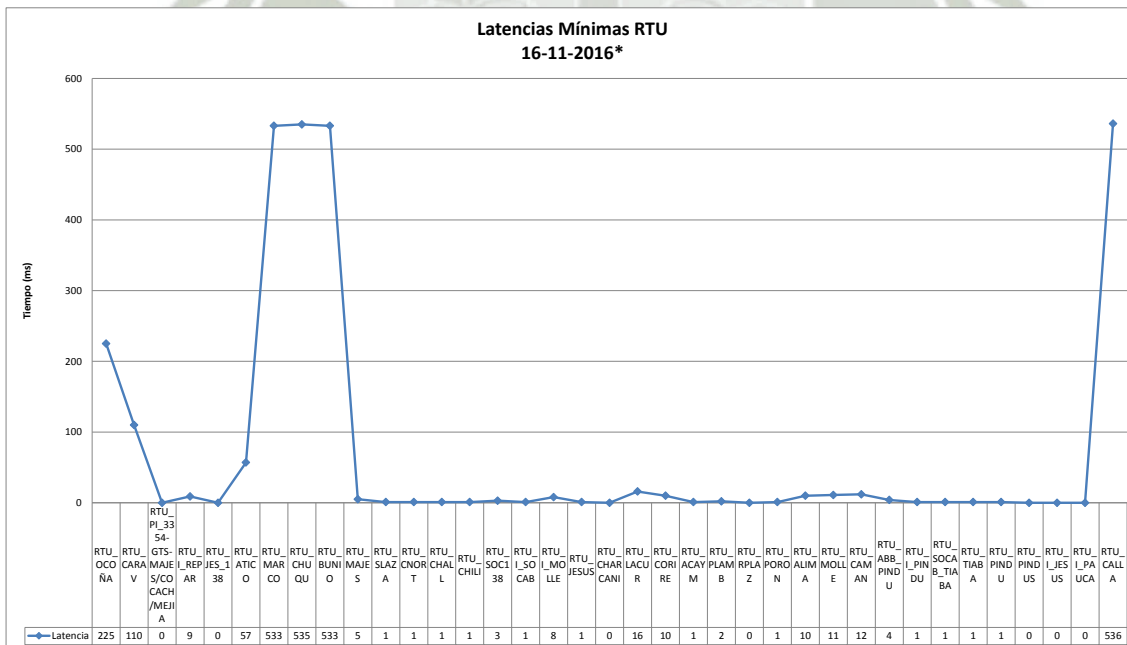


**Gráfico 108. Latencias máximas RTU 16/11/2016\***



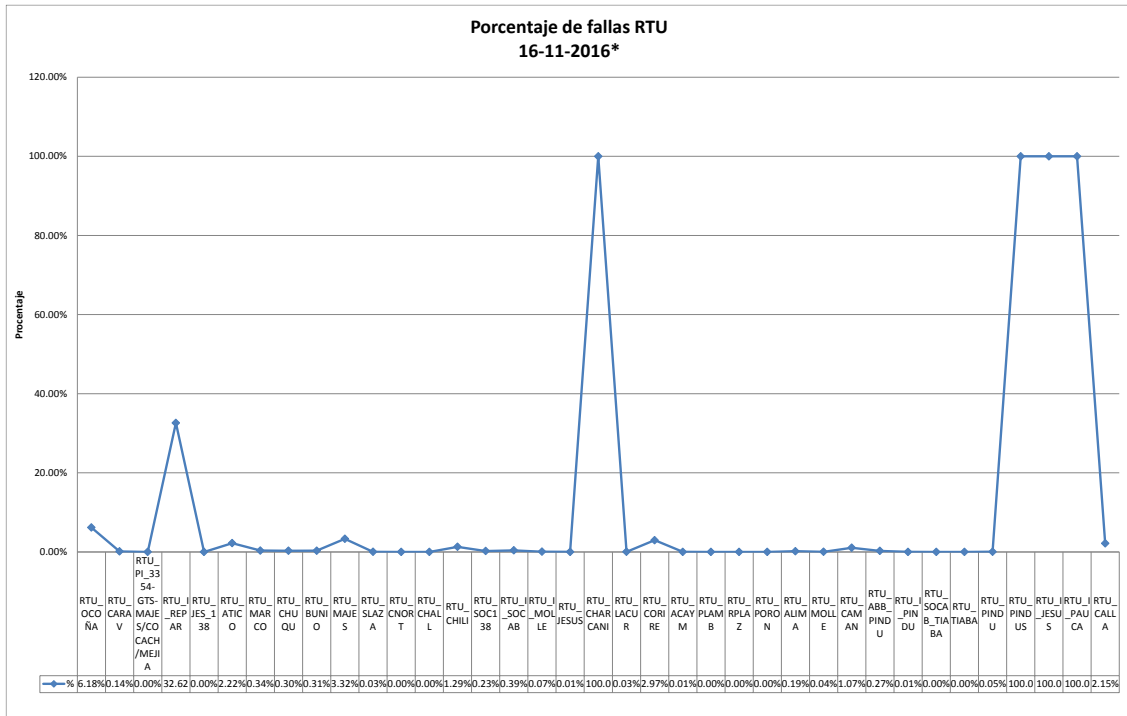
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 109. Latencias mínimas RTU 16/11/2016\***



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 110. Porcentaje de fallas RTU 16/11/2016\***



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 17/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 37. Muestreo del 17/11/2016**

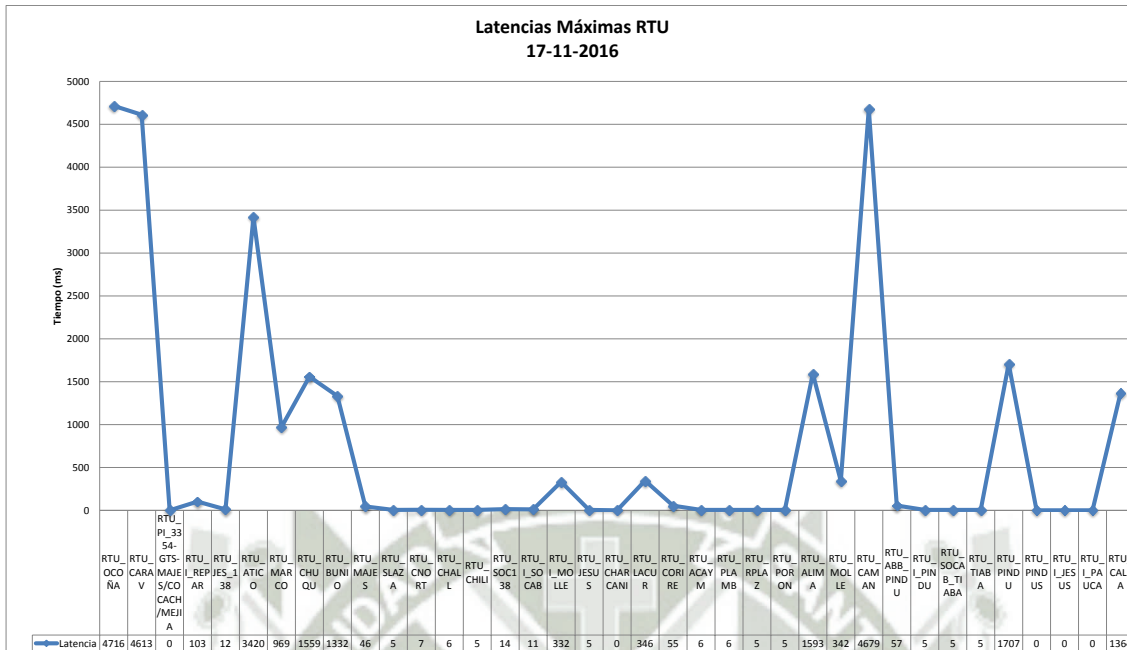
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	6717	678	9.17%	235	4716	17/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	7383	12	0.16%	111	4613	17/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	7395	0	0.00%	0	0	17/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	7370	25	0.34%	9	103	17/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	7395	0	0.00%	0	12	17/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	7150	245	3.31%	57	3420	17/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	7344	51	0.69%	533	969	17/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	7352	43	0.58%	535	1559	17/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	7350	45	0.61%	534	1332	17/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	7355	40	0.54%	5	46	17/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	7381	14	0.19%	2	5	17/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	7394	1	0.01%	2	7	17/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	7395	0	0.00%	2	6	17/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	7289	106	1.43%	2	5	17/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	7377	18	0.24%	3	14	17/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	7336	59	0.80%	2	11	17/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	7386	9	0.12%	8	332	17/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	7393	2	0.03%	1	5	17/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	7396	100.00%	0	0	17/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	7394	1	0.01%	16	346	17/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	7391	4	0.05%	10	55	17/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	7395	0	0.00%	2	6	17/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	7395	0	0.00%	2	6	17/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	7395	0	0.00%	1	5	17/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	7395	0	0.00%	1	5	17/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	7375	20	0.27%	10	1593	17/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	7392	3	0.04%	11	342	17/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	7336	59	0.80%	12	4679	17/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	7370	25	0.34%	4	57	17/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	7395	0	0.00%	2	5	17/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	7395	0	0.00%	2	5	17/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	7395	0	0.00%	2	5	17/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	7389	6	0.08%	2	1707	17/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	7395	100.00%	0	0	17/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	7395	100.00%	0	0	17/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	7395	100.00%	0	0	17/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	6989	406	5.49%	533	1364	17/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

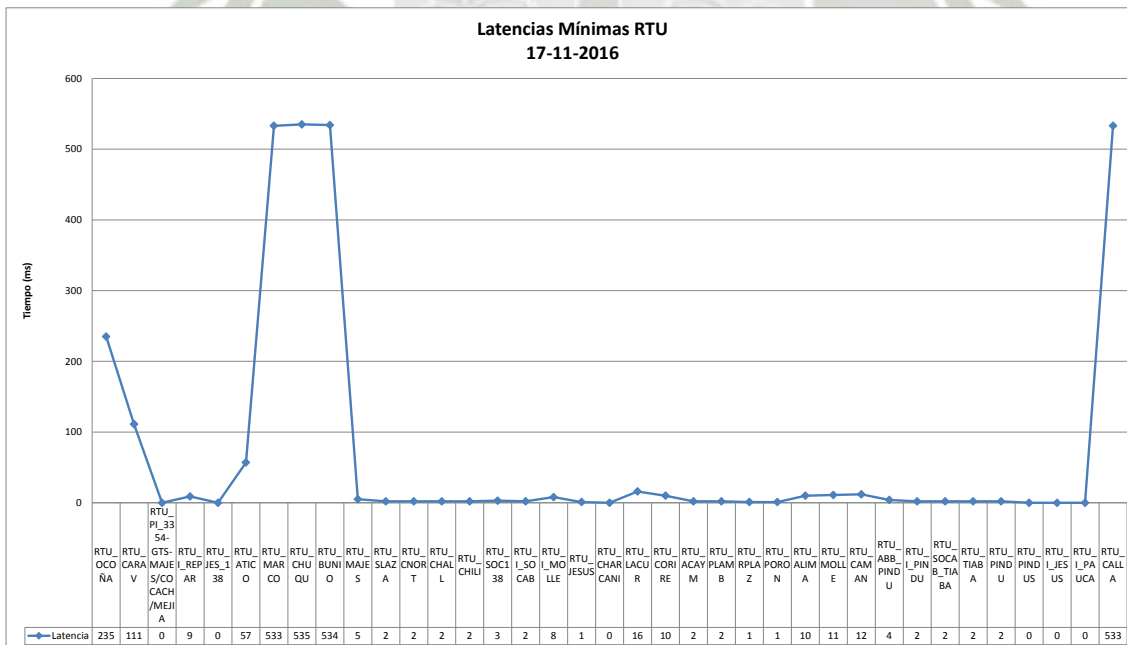


**Gráfico 111. Latencias máximas RTU 17/11/2016**



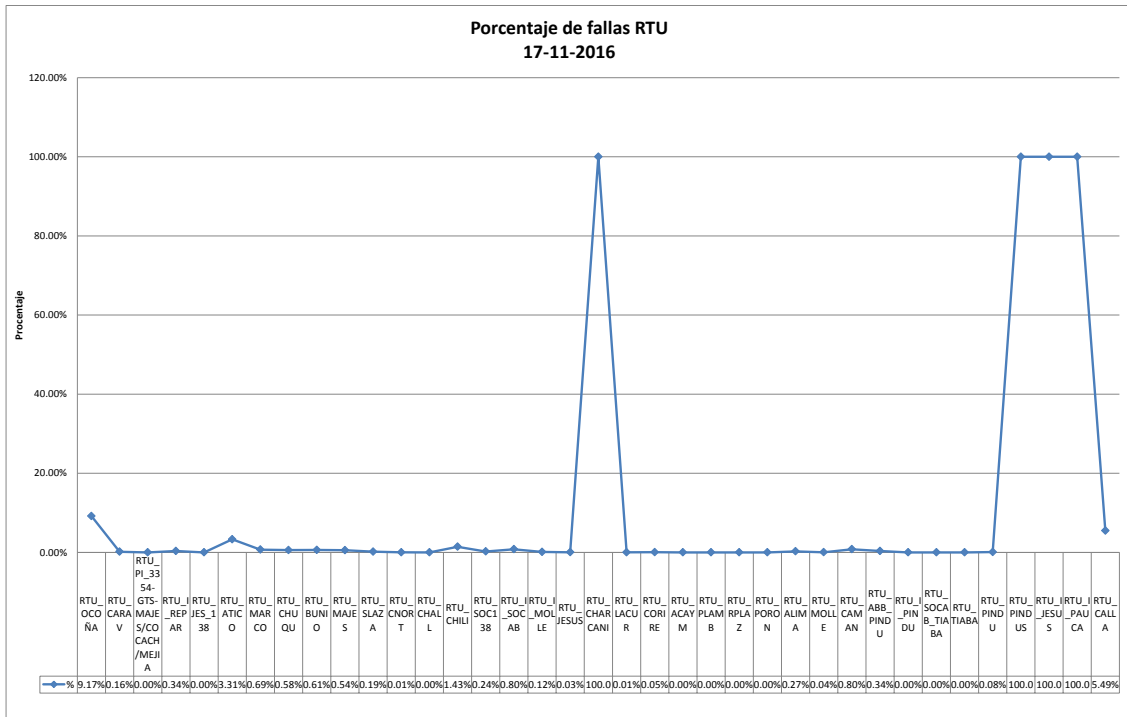
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 112. Latencias mínimas RTU 17/11/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 113. Porcentaje de fallas RTU 17/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 17/11/2016\*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

**Tabla 38. Muestreo del 17/11/2016\***

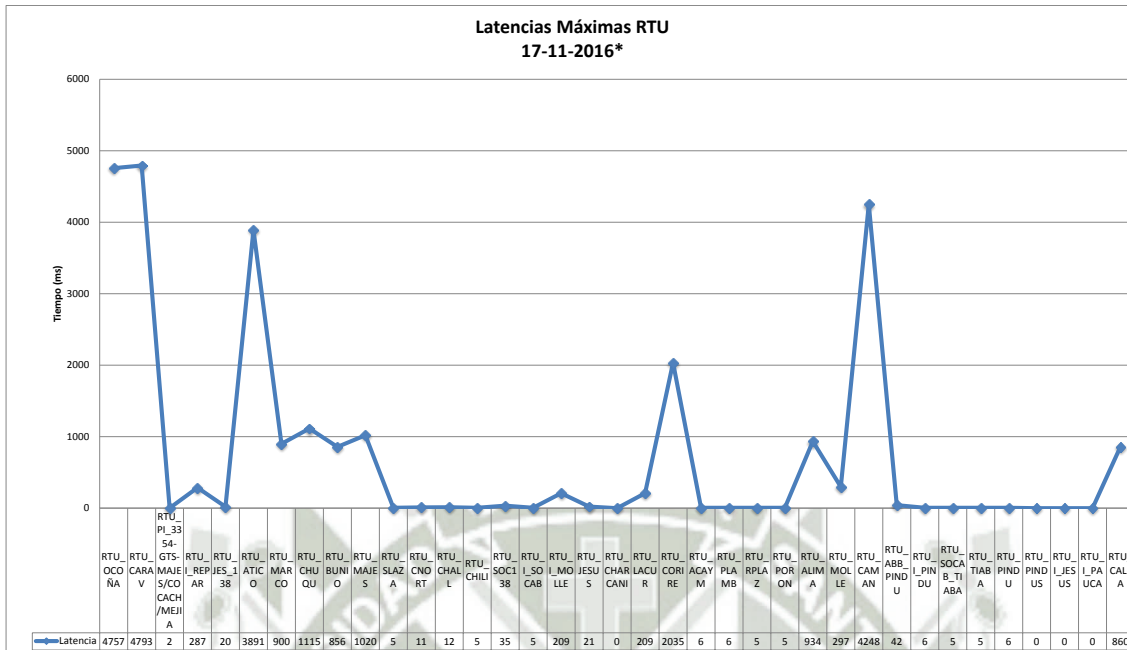
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	9056	1352	12.99%	239	4757	17/11/2016 *
192.168.125.3	RTU_CARAV	10369	39	0.37%	109	4793	17/11/2016 *
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	10408	0	0.00%	0	2	17/11/2016 *
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	9840	568	5.46%	10	287	17/11/2016 *
192.168.78.7	RTU_JES_138	10408	0	0.00%	0	20	17/11/2016 *
172.31.250.16	RTU_ATICO	10148	260	2.50%	57	3891	17/11/2016 *
172.31.249.178	RTU_MARCO	10393	15	0.14%	535	900	17/11/2016 *
172.31.249.162	RTU_CHUQU	10392	16	0.15%	536	1115	17/11/2016 *
172.31.249.147	RTU_BUNIO	10391	17	0.16%	531	856	17/11/2016 *
100.10.20.246	RTU_MAJES	9793	615	5.91%	5	1020	17/11/2016 *
100.10.20.236	RTU_SLAZA	10404	4	0.04%	1	5	17/11/2016 *
100.10.20.231	RTU_CNORT	10408	0	0.00%	1	11	17/11/2016 *
100.10.20.221	RTU_CHALL	10408	0	0.00%	1	12	17/11/2016 *
100.10.20.216	RTU_CHILI	10297	111	1.07%	1	5	17/11/2016 *
100.10.20.213	RTU_SOC138	10386	22	0.21%	3	35	17/11/2016 *
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	10330	78	0.75%	1	5	17/11/2016 *
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	10385	23	0.22%	8	209	17/11/2016 *
100.10.20.201	RTU_JESUS	10408	0	0.00%	1	21	17/11/2016 *
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	10408	100.00%	0	0	17/11/2016 *
100.10.20.180	RTU_LACUR	10398	10	0.10%	16	209	17/11/2016 *
100.10.20.150	RTU_CORIRE	9875	533	5.12%	10	2035	17/11/2016 *
100.10.20.145	RTU_ACAYM	10408	0	0.00%	1	6	17/11/2016 *
100.10.20.140	RTU_PLAMB	10408	0	0.00%	1	6	17/11/2016 *
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	10408	0	0.00%	0	5	17/11/2016 *
100.10.20.130	RTU_PORON	10408	0	0.00%	0	5	17/11/2016 *
100.10.20.126	RTU_ALIMA	10384	24	0.23%	10	934	17/11/2016 *
100.10.20.122	RTU_MOLLE	10396	12	0.12%	11	297	17/11/2016 *
100.10.20.116	RTU_CAMAN	10070	338	3.25%	12	4248	17/11/2016 *
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	10386	22	0.21%	4	42	17/11/2016 *
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	10408	0	0.00%	1	6	17/11/2016 *
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	10408	0	0.00%	1	5	17/11/2016 *
100.10.20.90	RTU_TIABA	10408	0	0.00%	1	5	17/11/2016 *
100.10.20.27	RTU_PINDU	10408	0	0.00%	1	6	17/11/2016 *
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	10408	100.00%	0	0	17/11/2016 *
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	10408	100.00%	0	0	17/11/2016 *
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	10408	100.00%	0	0	17/11/2016 *
172.31.249.134	RTU_CALLA	10355	53	0.51%	536	860	17/11/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

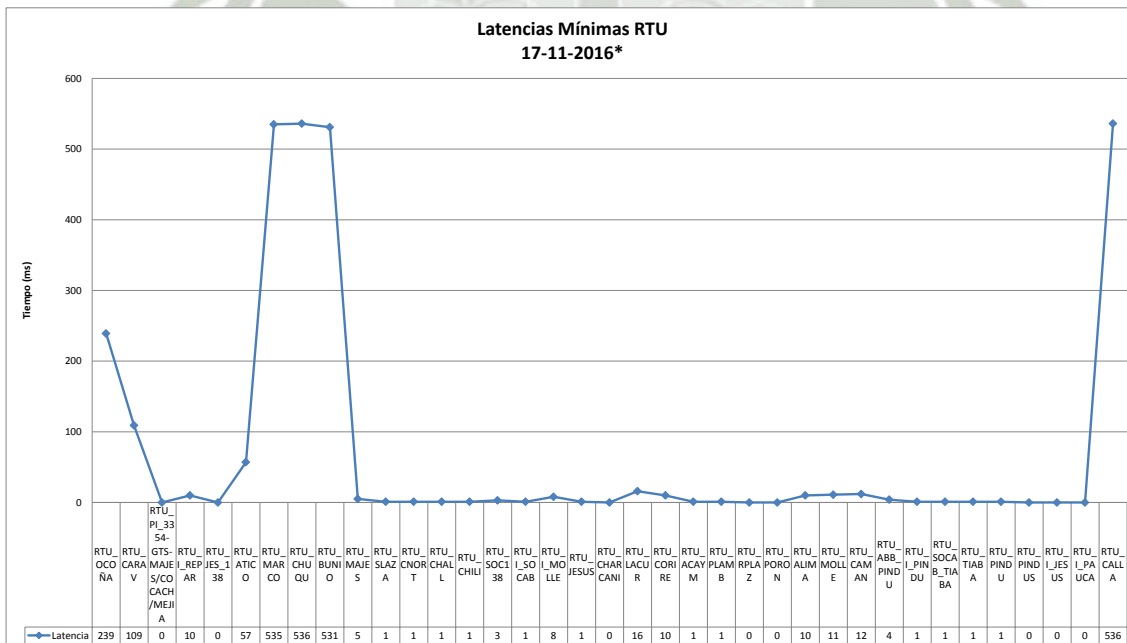


**Gráfico 114. Latencias máximas RTU 17/11/2016\***



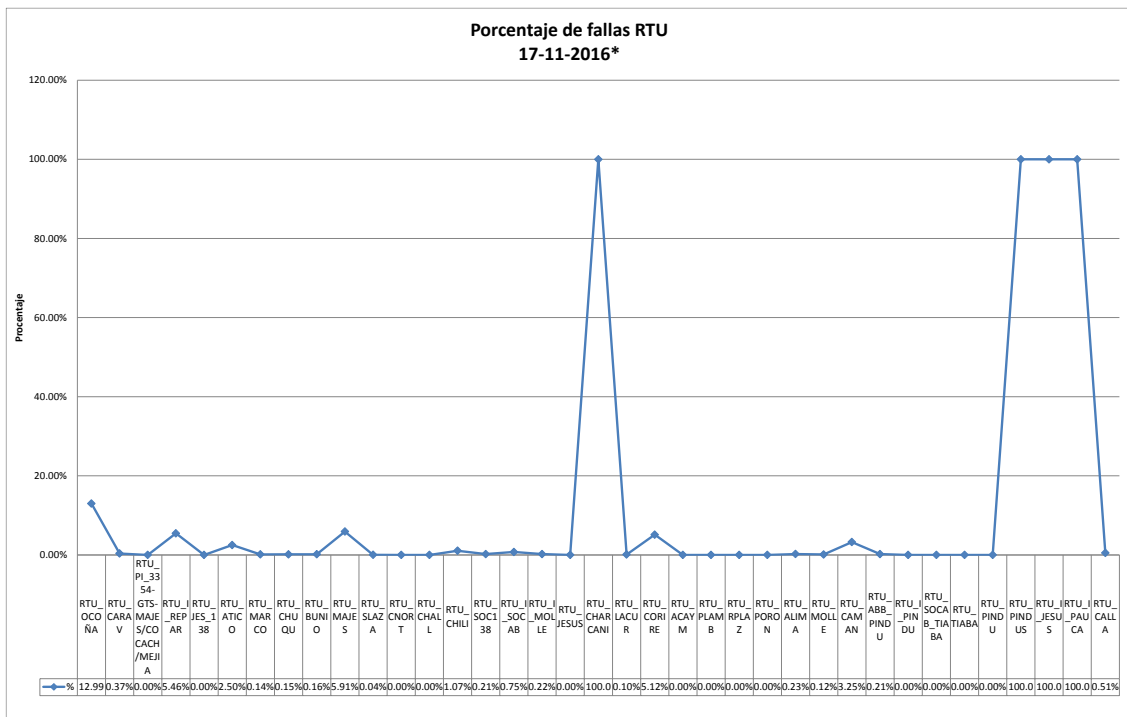
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 115. Latencias mínimas RTU 17/11/2016\***



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 116. Porcentaje de fallas RTU 17/11/2016\***



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 18/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 39. Muestreo del 18/11/2016**

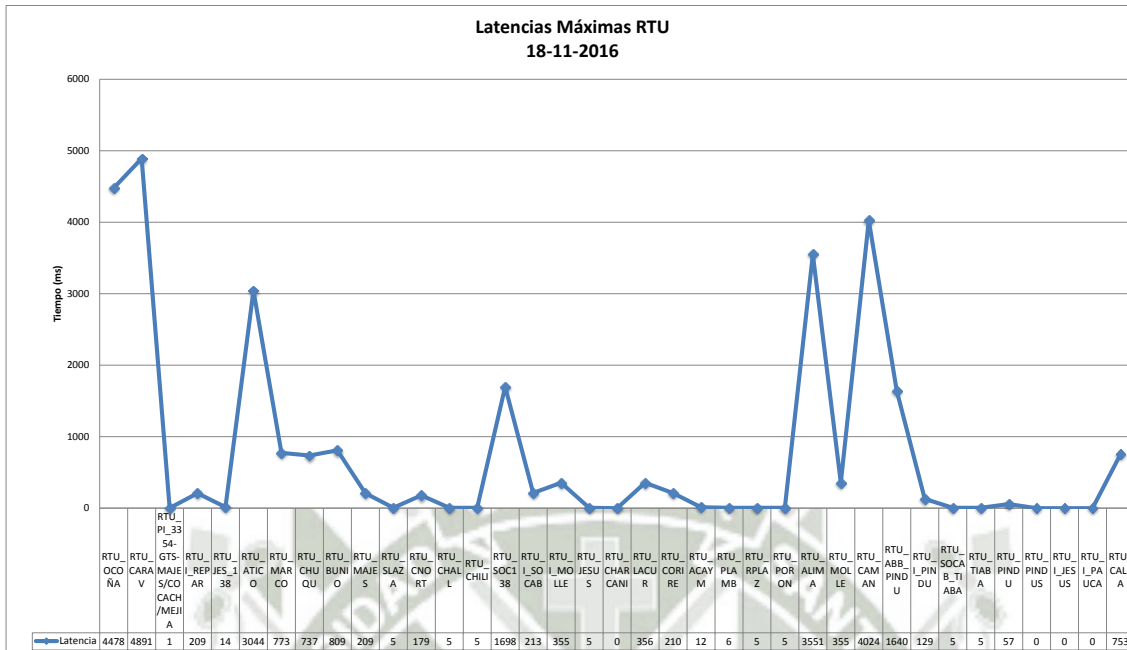
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	6829	480	6.57%	243	4478	18/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	7297	12	0.16%	109	4891	18/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	7222	87	1.19%	0	1	18/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	7247	62	0.85%	9	209	18/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	7309	0	0.00%	0	14	18/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	7087	222	3.04%	58	3044	18/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	7238	71	0.97%	535	773	18/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	7249	60	0.82%	533	737	18/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	7238	71	0.97%	534	809	18/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	7244	65	0.89%	5	209	18/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	7304	5	0.07%	1	5	18/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	7309	0	0.00%	1	179	18/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	7309	0	0.00%	1	5	18/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	7207	102	1.40%	1	5	18/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	6666	643	8.80%	3	1698	18/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	7275	34	0.47%	1	213	18/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	7302	7	0.10%	8	355	18/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	7307	2	0.03%	1	5	18/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	7310	100.00%	0	0	18/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	7308	1	0.01%	16	356	18/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	7276	33	0.45%	10	210	18/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	7309	0	0.00%	1	12	18/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	7309	0	0.00%	1	6	18/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	7309	0	0.00%	0	5	18/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	7309	0	0.00%	0	5	18/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	7292	17	0.23%	10	3551	18/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	7303	6	0.08%	11	355	18/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	7064	245	3.35%	12	4024	18/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	6636	673	9.21%	4	1640	18/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	7309	0	0.00%	1	129	18/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	7309	0	0.00%	0	5	18/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	7309	0	0.00%	1	5	18/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	7309	0	0.00%	1	57	18/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	7309	100.00%	0	0	18/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	7309	100.00%	0	0	18/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	7309	100.00%	0	0	18/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	7210	99	1.35%	535	753	18/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

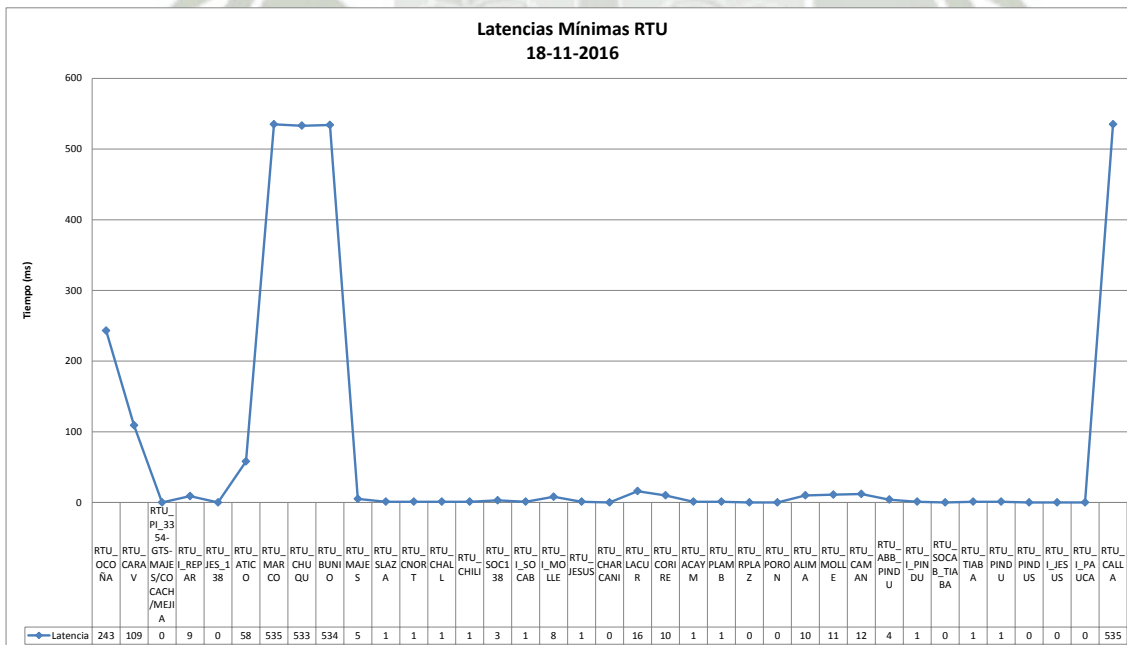


**Gráfico 117. Latencias máximas RTU 18/11/2016**



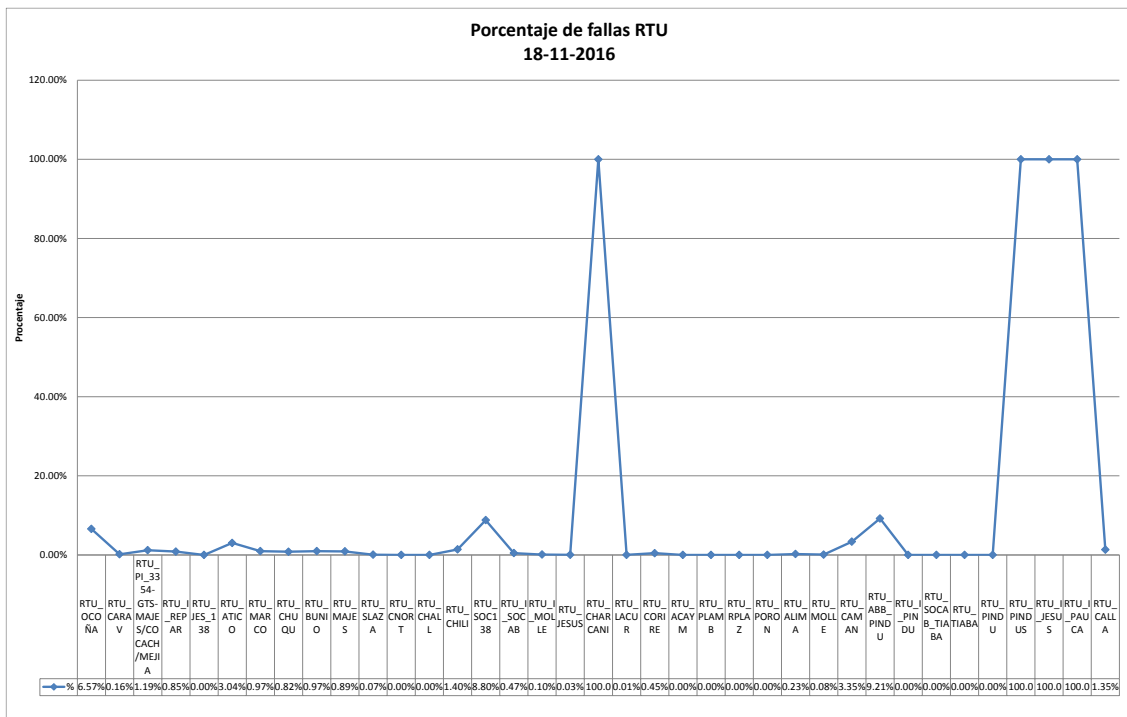
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 118. Latencias mínimas RTU 18/11/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 119. Porcentaje de fallas RTU 18/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 21/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 40. Muestreo del 21/11/2016**

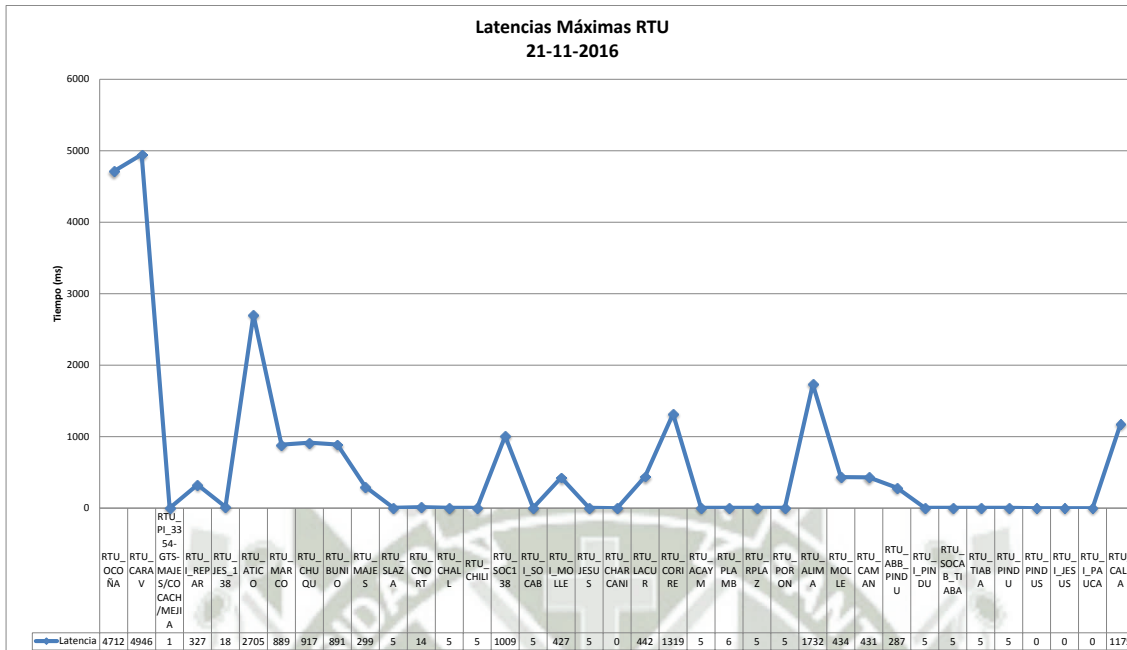
Dirección IP	Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	6029	228	3.64%	100	4712	21/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	6212	45	0.72%	112	4946	21/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	6257	0	0.00%	0	1	21/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	6148	110	1.76%	9	327	21/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	6257	0	0.00%	0	18	21/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	6087	170	2.72%	57	2705	21/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	6213	44	0.70%	533	889	21/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	6227	30	0.48%	536	917	21/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	6220	36	0.58%	536	891	21/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	6129	129	2.06%	5	299	21/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	6188	69	1.10%	1	5	21/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	6248	9	0.14%	1	14	21/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	6249	8	0.13%	1	5	21/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILU	6122	135	2.16%	1	5	21/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	6172	85	1.36%	2	1009	21/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	6235	22	0.35%	1	5	21/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	6241	16	0.26%	8	427	21/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	6247	10	0.16%	1	5	21/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	6257	100.00%	0	0	21/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	6249	8	0.13%	16	442	21/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	6168	90	1.44%	10	1319	21/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	6248	9	0.14%	1	5	21/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	6246	11	0.18%	1	6	21/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	6245	12	0.19%	0	5	21/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	6246	11	0.18%	0	5	21/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	6239	18	0.29%	10	1732	21/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	6249	8	0.13%	11	434	21/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	6226	31	0.50%	12	431	21/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	1840	4416	70.59%	143	287	21/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	6248	9	0.14%	1	5	21/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	6247	10	0.16%	0	5	21/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	6248	9	0.14%	0	5	21/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	6247	10	0.16%	1	5	21/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	6257	100.00%	0	0	21/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	6257	100.00%	0	0	21/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	6257	100.00%	0	0	21/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	6189	67	1.07%	535	1175	21/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

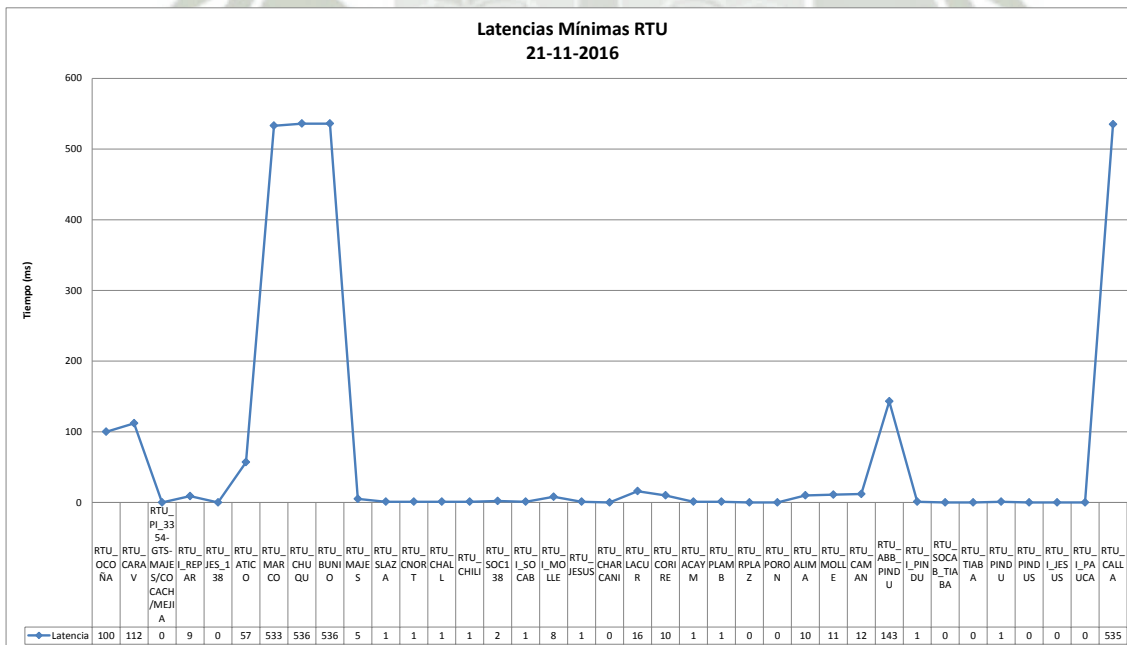


**Gráfico 120. Latencias máximas RTU 21/11/2016**



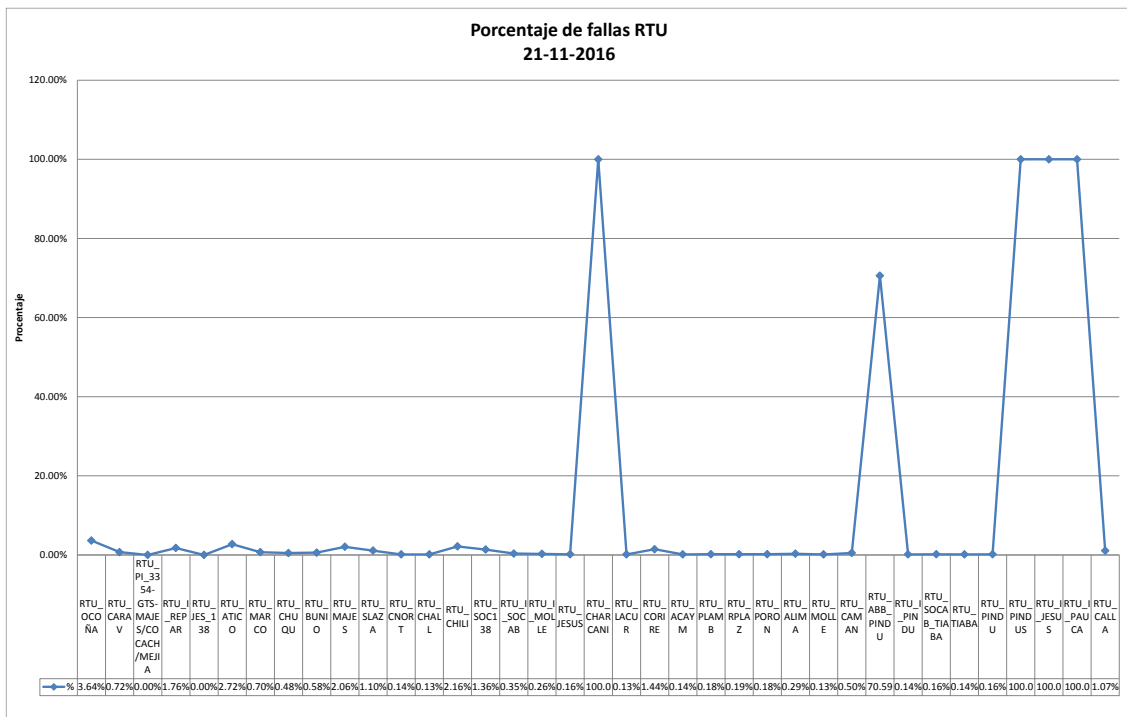
**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 121. Latencias mínimas RTU 21/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 122. Porcentaje de fallas RTU 21/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

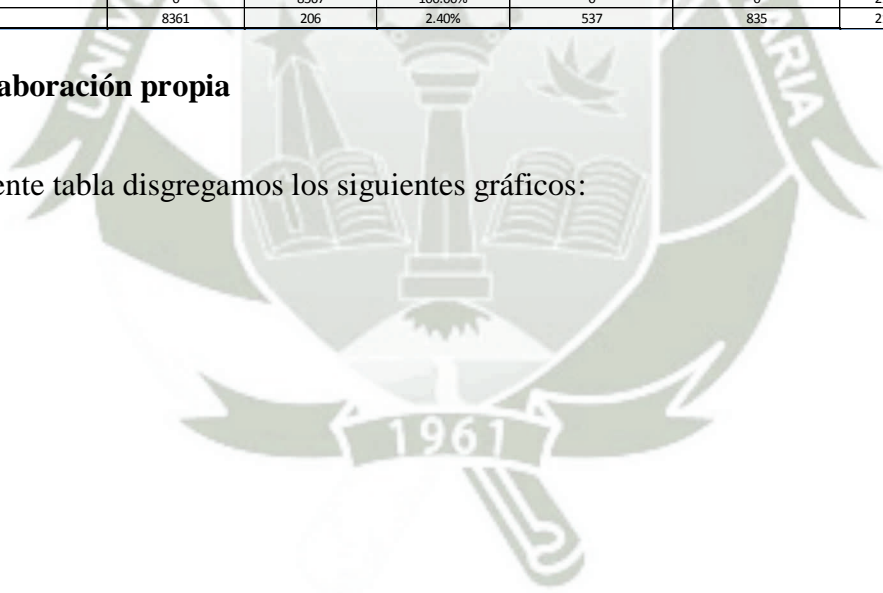
La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 21/11/2016\*, correspondiente a los turnos noche y madrugada:

**Tabla 41. Muestreo del 21/11/2016\***

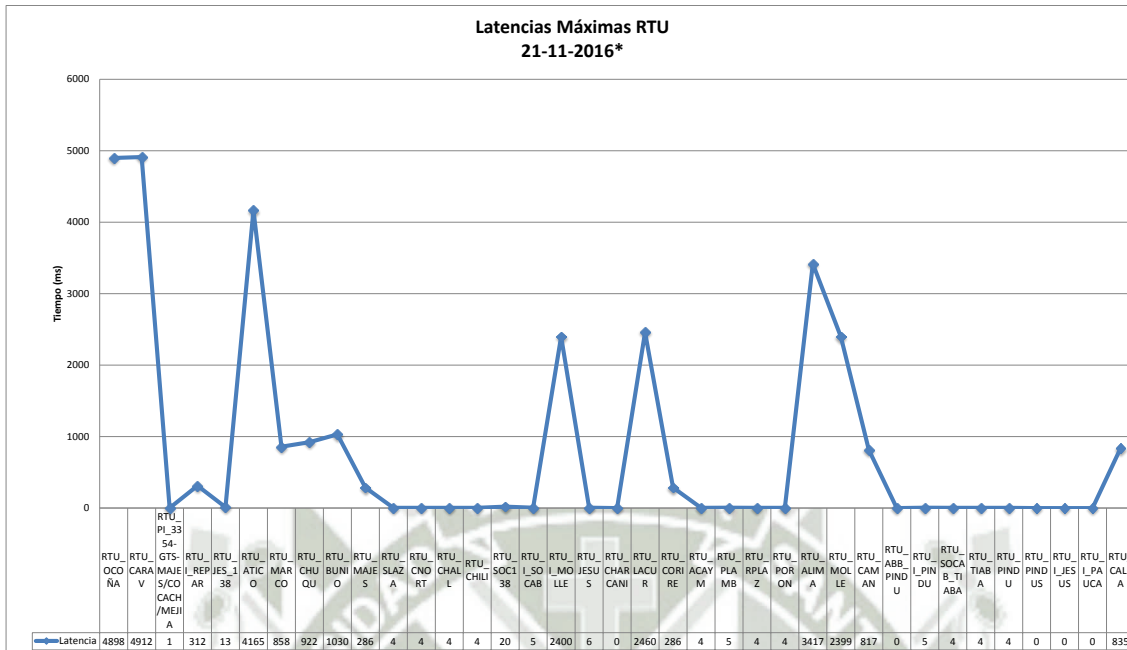
Subestación	Paquetes enviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
RTU_OCOÑA	8380	186	2.17%	104	4898	21/11/2016 *
RTU_CARAV	8507	60	0.70%	110	4912	21/11/2016 *
RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	8567	0	0.00%	0	1	21/11/2016 *
RTU_I_REPAR	8438	129	1.51%	9	312	21/11/2016 *
RTU_JES_138	8567	0	0.00%	0	13	21/11/2016 *
RTU_ATICO	8285	281	3.28%	57	4165	21/11/2016 *
RTU_MARCO	8545	22	0.26%	533	858	21/11/2016 *
RTU_CHUQU	8548	19	0.22%	535	922	21/11/2016 *
RTU_BUNIO	8547	20	0.23%	533	1030	21/11/2016 *
RTU_MAJES	8438	129	1.51%	5	286	21/11/2016 *
RTU_SLAZA	8464	103	1.20%	1	4	21/11/2016 *
RTU_CNORT	8567	0	0.00%	1	4	21/11/2016 *
RTU_CHALL	8567	0	0.00%	1	4	21/11/2016 *
RTU_CHILI	8405	162	1.89%	1	4	21/11/2016 *
RTU_SOC138	8535	32	0.37%	3	20	21/11/2016 *
RTU_I_SOCAB	8518	49	0.57%	1	5	21/11/2016 *
RTU_I_MOLLE	8521	46	0.54%	8	2400	21/11/2016 *
RTU_JESUS	8567	0	0.00%	1	6	21/11/2016 *
RTU_CHARCANI	0	8567	100.00%	0	0	21/11/2016 *
RTU_LACUR	8529	38	0.44%	16	2460	21/11/2016 *
RTU_CORIRE	8471	96	1.12%	10	286	21/11/2016 *
RTU_ACAYM	8567	0	0.00%	1	4	21/11/2016 *
RTU_PLAMB	8567	0	0.00%	1	5	21/11/2016 *
RTU_RPLAZ	8567	0	0.00%	0	4	21/11/2016 *
RTU_PORON	8567	0	0.00%	1	4	21/11/2016 *
RTU_ALIMA	8503	64	0.75%	10	3417	21/11/2016 *
RTU_MOLLE	8522	45	0.53%	11	2399	21/11/2016 *
RTU_CAMAN	8495	72	0.84%	12	817	21/11/2016 *
RTU_ABB_PINDU	0	8568	100.00%	0	0	21/11/2016 *
RTU_I_PINDU	8567	0	0.00%	1	5	21/11/2016 *
RTU_SOCAB TIABA	8567	0	0.00%	1	4	21/11/2016 *
RTU_TIABA	8567	0	0.00%	1	4	21/11/2016 *
RTU_PINDU	8567	0	0.00%	1	4	21/11/2016 *
RTU_PINDUS	0	8567	100.00%	0	0	21/11/2016 *
RTU_I_JESUS	0	8567	100.00%	0	0	21/11/2016 *
RTU_I_PAUCA	0	8567	100.00%	0	0	21/11/2016 *
RTU_CALLA	8361	206	2.40%	537	835	21/11/2016 *

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

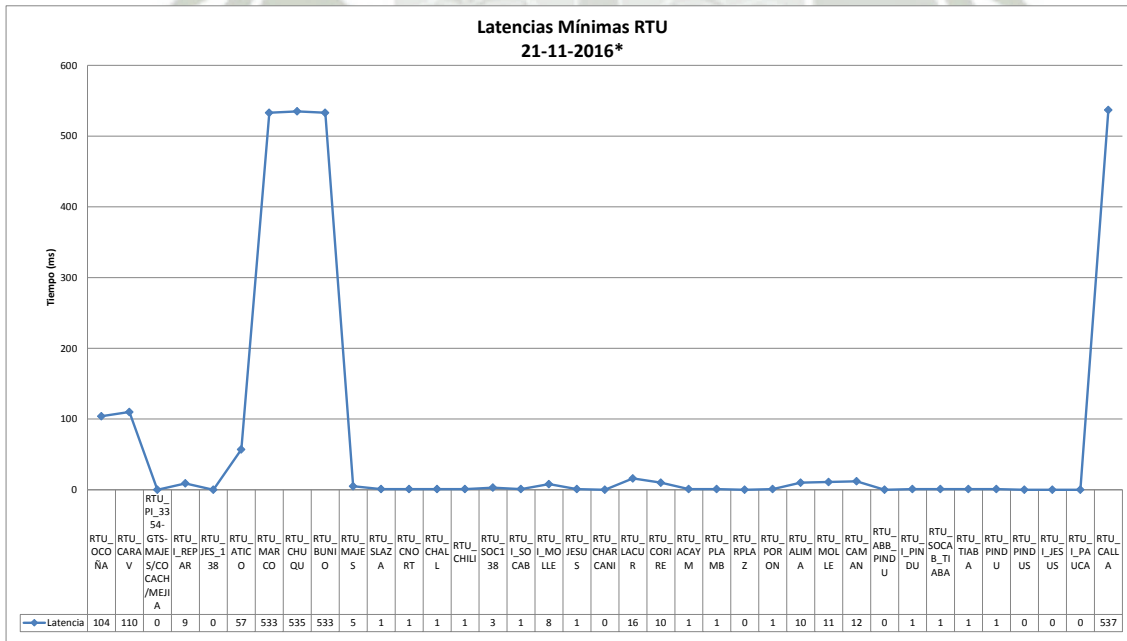


**Gráfico 123. Latencias máximas RTU 21/11/2016\***



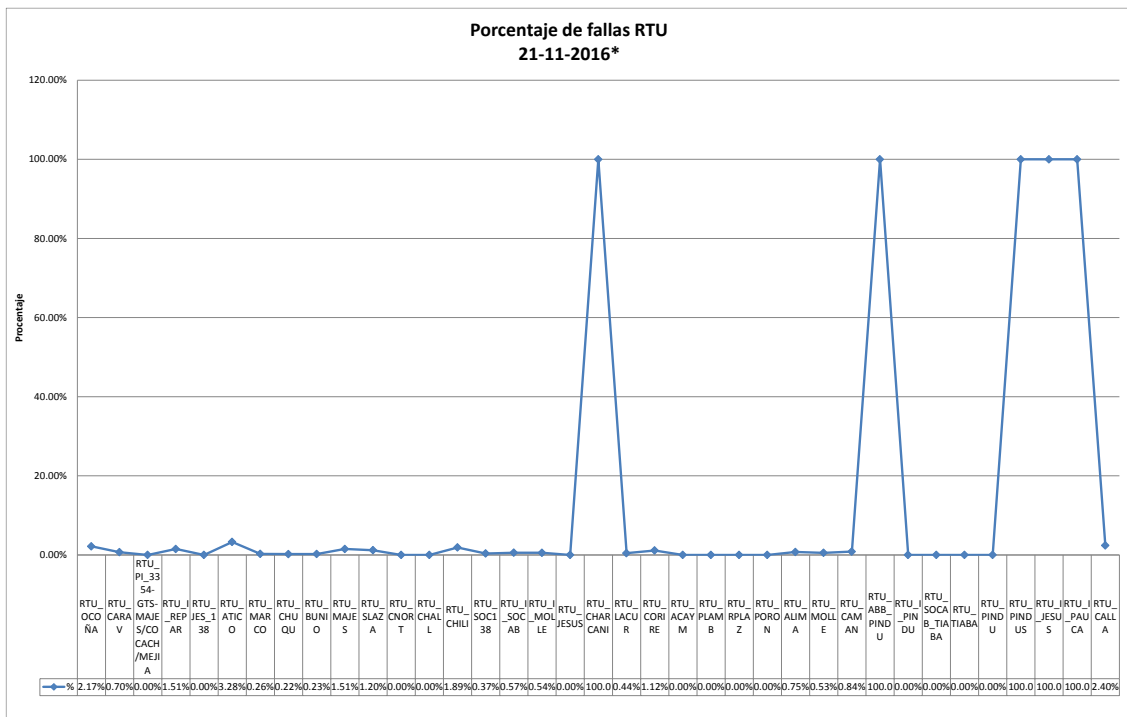
**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 124. Latencias mínimas RTU 21/11/2016\***



**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 125. Porcentaje de fallas RTU 21/11/2016\***



**Fuente: Elaboración propia**

La siguiente tabla corresponde a la muestra tomada el día 22/11/2016, correspondiente a los turnos mañana y tarde:

**Tabla 42. Muestreo del 22/11/2016**

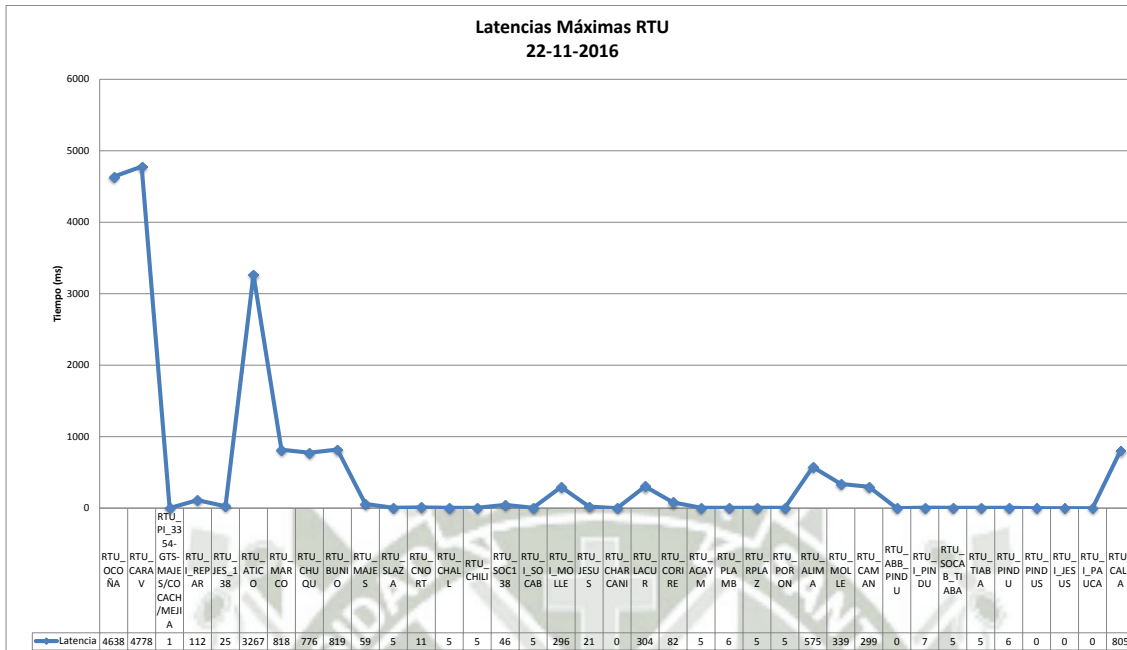
Dirección IP	Subestación	Paquetes eviados	Paquetes Fallidos	Porcentaje de Fallo	Tiempo mínimo de ping	Tiempo máximo de ping	Fecha
192.168.125.35	RTU_OCOÑA	5793	1769	23.39%	242	4638	22/11/2016
192.168.125.3	RTU_CARAV	7441	121	1.60%	112	4778	22/11/2016
192.168.120.10	RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	7562	0	0.00%	0	1	22/11/2016
192.168.85.21	RTU_I_REPAR	7539	23	0.30%	10	112	22/11/2016
192.168.78.7	RTU_JES_138	7562	0	0.00%	0	25	22/11/2016
172.31.250.16	RTU_ATICO	6476	1086	14.36%	57	3267	22/11/2016
172.31.249.178	RTU_MARCO	7511	51	0.67%	533	818	22/11/2016
172.31.249.162	RTU_CHUQU	7516	46	0.61%	536	776	22/11/2016
172.31.249.147	RTU_BUNIO	7514	48	0.63%	534	819	22/11/2016
100.10.20.246	RTU_MAJES	7516	46	0.61%	4	59	22/11/2016
100.10.20.236	RTU_SLAZA	7554	8	0.11%	1	5	22/11/2016
100.10.20.231	RTU_CNORT	7562	0	0.00%	1	11	22/11/2016
100.10.20.221	RTU_CHALL	7562	0	0.00%	1	5	22/11/2016
100.10.20.216	RTU_CHILI	7424	138	1.82%	1	5	22/11/2016
100.10.20.213	RTU_SOC138	7535	27	0.36%	2	46	22/11/2016
100.10.20.211	RTU_I_SOCAB	7494	68	0.90%	1	5	22/11/2016
100.10.20.206	RTU_I_MOLLE	7557	5	0.07%	8	296	22/11/2016
100.10.20.201	RTU_JESUS	7562	0	0.00%	1	21	22/11/2016
100.10.20.190	RTU_CHARCANI	0	7561	100.00%	0	0	22/11/2016
100.10.20.180	RTU_LACUR	7561	1	0.01%	16	304	22/11/2016
100.10.20.150	RTU_CORIRE	7556	6	0.08%	10	82	22/11/2016
100.10.20.145	RTU_ACAYM	7562	0	0.00%	1	5	22/11/2016
100.10.20.140	RTU_PLAMB	7562	0	0.00%	1	6	22/11/2016
100.10.20.135	RTU_RPLAZ	7562	0	0.00%	0	5	22/11/2016
100.10.20.130	RTU_PORON	7562	0	0.00%	0	5	22/11/2016
100.10.20.126	RTU_ALIMA	7442	120	1.59%	10	575	22/11/2016
100.10.20.122	RTU_MOLLE	7556	6	0.08%	11	339	22/11/2016
100.10.20.116	RTU_CAMAN	7562	0	0.00%	12	299	22/11/2016
100.10.20.106	RTU_ABB_PINDU	0	7561	100.00%	0	0	22/11/2016
100.10.20.105	RTU_I_PINDU	7562	0	0.00%	1	7	22/11/2016
100.10.20.91	RTU_SOCAB_TIABA	7562	0	0.00%	0	5	22/11/2016
100.10.20.90	RTU_TIABA	7562	0	0.00%	1	5	22/11/2016
100.10.20.27	RTU_PINDU	7562	0	0.00%	1	6	22/11/2016
100.10.20.102	RTU_PINDUS	0	7561	100.00%	0	0	22/11/2016
100.10.20.200	RTU_I_JESUS	0	7561	100.00%	0	0	22/11/2016
100.10.20.226	RTU_I_PAUCA	0	7561	100.00%	0	0	22/11/2016
172.31.249.134	RTU_CALLA	7484	78	1.03%	536	805	22/11/2016

**Fuente: Elaboración propia**

De la siguiente tabla disgregamos los siguientes gráficos:

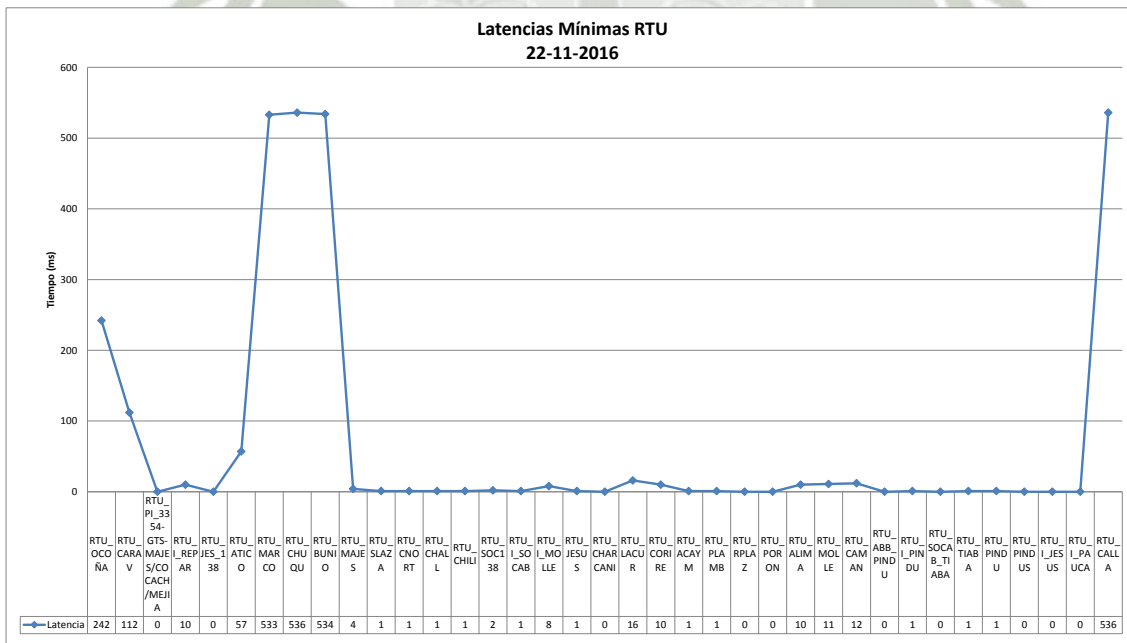


**Gráfico 126. Latencias máximas RTU 22/11/2016**



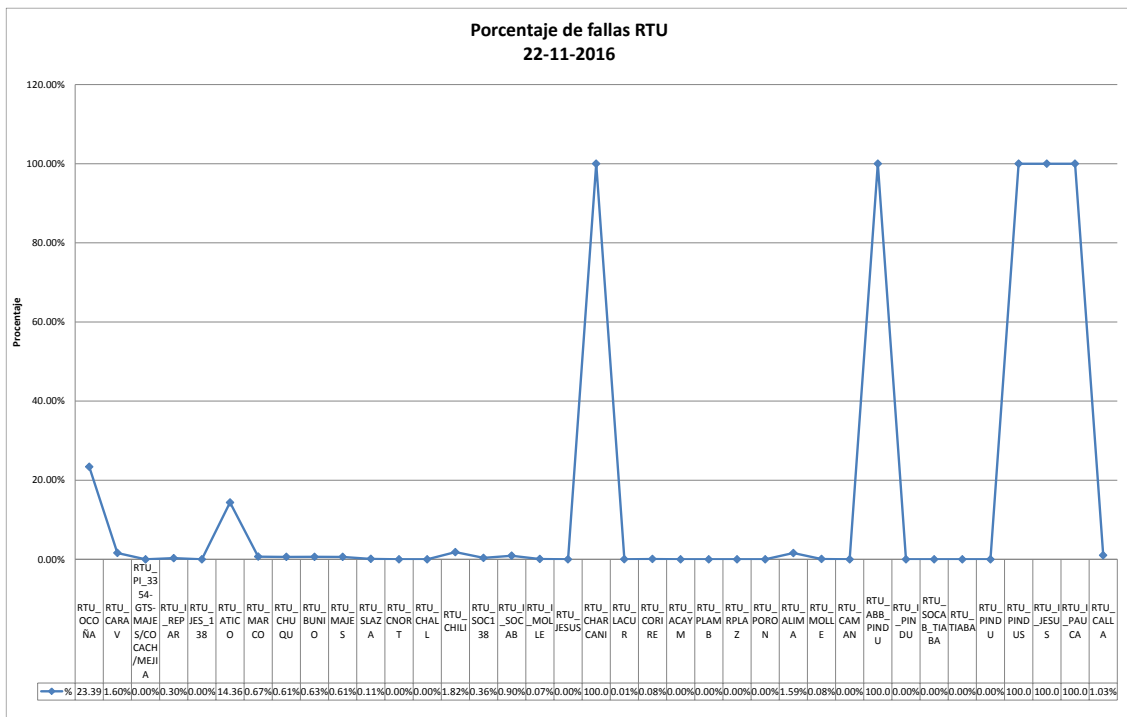
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 127. Latencias mínimas RTU 22/11/2016**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 128. Porcentaje de fallas RTU 22/11/2016**



**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 43. Muestreo promedio**

Etiquetas de fila	Suma de Paquetes enviados	Suma de Paquetes Fallidos	Promedio de Porcentaje de Fallo	Promedio de Tiempo mínimo de ping	Promedio de Tiempo máximo de ping
RTU_ABB_PINDU	404722	42531	0.11807619	6.142857143	244.1428571
RTU_ACAYM	436561	10696	0.032840476	1.571428571	26.69047619
RTU_ALUMA	430848	16409	0.042785714	9.761904762	2530.904762
RTU_ATICO	439244	8012	0.022304762	55.88095238	2563.357143
RTU_BUNIO	444995	2258	0.005290476	521.2142857	1122.547619
RTU_CALLA	429862	17390	0.059009524	535.0714286	1100.214286
RTU_CAMAN	415952	31306	0.072159524	11.71428571	2642.142857
RTU_CARAV	417501	29752	0.054528571	108.5238095	4702.761905
RTU_CHALL	436035	11221	0.034707143	1.619047619	9.19047619
RTU_CHARCANI	119165	328089	0.66685	0.642857143	26.95238095
RTU_CHILI	437151	16099	0.044725581	1.488372093	9
RTU_CHUQU	439345	7909	0.009285714	535	1099
RTU_CNORT	436545	10712	0.032916667	1.523809524	41
RTU_CORIRE	403667	43593	0.06815	9.952380952	746.952381
RTU_I_JESUS	48	453258	0.999816279	3.348837209	3.488372093
RTU_I_MOLLE	425746	15516	0.041582927	7.804878049	1038.243902
RTU_I_PAUCA	48	447201	0.999811905	3.571428571	3.80952381
RTU_I_PINDU	432018	15238	0.038247619	1.452380952	67.80952381
RTU_I_REPAR	407682	39576	0.05222619	21.71428571	233.8095238
RTU_I_SOCAB	433527	13731	0.041859524	1.380952381	28.19047619
RTU_JES_138	446923	334	0.001311905	0	14.45238095
RTU_JESUS	430467	10733	0.03778049	1.243902439	58.75609756
RTU_LACUR	436068	11189	0.013847619	16	1425.309524
RTU_MAJES	408983	38273	0.066509524	4.738095238	289.0952381
RTU_MARCO	444930	2324	0.00515	533.5	970.7142857
RTU_MOLLE	431265	15992	0.042866667	10.73809524	1202.428571
RTU_OCOÑA	391784	55470	0.129866667	232.0714286	4784.047619
RTU_PI_3354-GTS-MAJES/COCACH/MEJIA	446748	509	0.001938095	0.023809524	24.69047619
RTU_PINDU	430605	16652	0.040421429	1.30952381	247
RTU_PINDUS	0	447249	1	0	0
RTU_PLAMB	436582	10675	0.032797619	1.619047619	9.571428571
RTU_PORON	436582	10675	0.032795238	0.928571429	5.047619048
RTU_RPLAZ	436582	10675	0.032795238	0.976190476	8.642857143
RTU_SLAZA	435848	11409	0.034671429	1.380952381	29.11904762
RTU_SOC138	418095	29159	0.083380952	2.857142857	538.9285714
RTU_SOCAB_TIABA	436572	10685	0.032833333	1.095238095	93.5952381
RTU_TIABA	436582	10675	0.032790476	1.142857143	30.66666667
<b>Total general</b>	<b>14295278</b>	<b>2253175</b>	<b>0.137243372</b>	<b>71.59202059</b>	<b>755.3095238</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Como vemos en la tabla 43, durante el periodo de mediciones se enviaron un total de 14295278 paquetes ping bajo el protocolo ICMP a la red del SCADA, de los cuales 2253175 paquetes se perdieron o no llegaron a sus correspondientes host, lo que equivale a un 13 % de perdidas total de paquetes o frames. Con respecto a la latencia, apreciamos que el tiempo mínimo promedio de respuesta es de 71.59 ms mientras que el tiempo máximo promedio de respuesta es de 755.30 ms, lo cual evidentemente hace que deduzcamos que la red del sistema SCADA de SEAL es una red lenta.

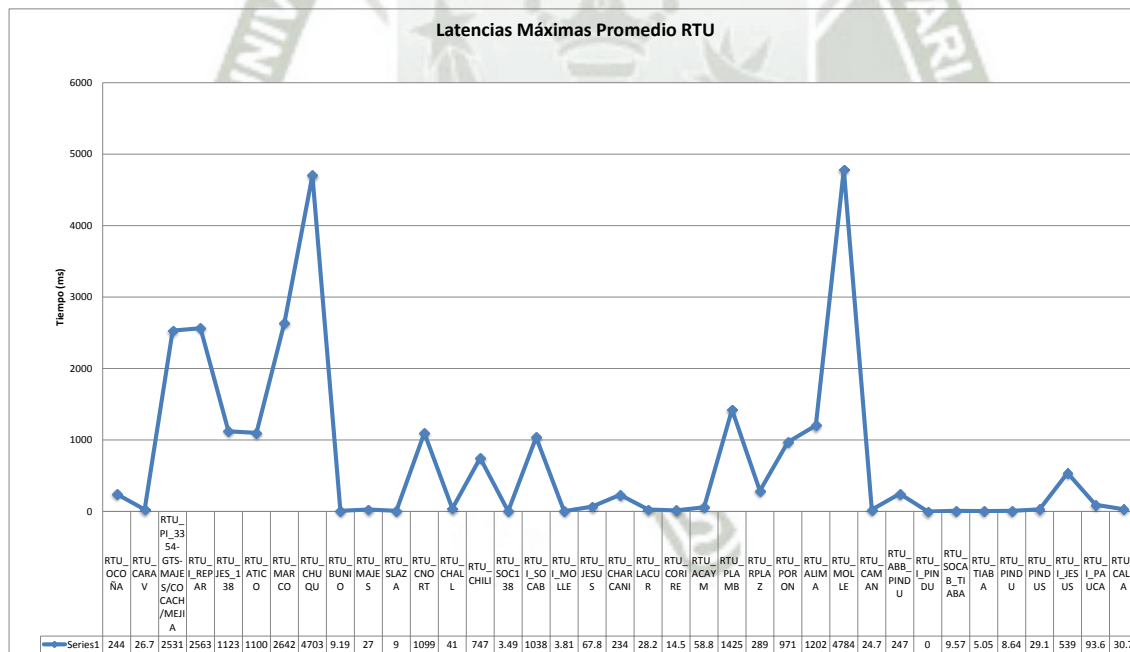
Si analizamos detalladamente la latencia y la pérdida de paquetes día por día, notamos que la respuesta no es la misma, de hecho, ocurren variaciones, por ejemplo, en una RTU aleatoria que en un determinado día tenía tiempos de latencia y perdidas de paquetes altos, en otro, estos parámetros se reducían significativamente, lo que hizo sospechar en una

primera instancia, que se estaba produciendo una saturación de paquetes en nodos específicos de la red, los cuales variaban constantemente de lugar.

Si analizamos la latencia y las pérdidas por subestación tenemos que las RTU donde se presenta la mayor latencia y pérdidas de datos son RTU\_PINDUS, la cual actualmente se encuentra instalada en campo mas no reporta señal alguna debido a desperfectos en su propio puerto de comunicación, las RTU de FOXBORO Invensys de Jesús y Paucarpata se encuentran desactivadas, puesto que a ellas ya no se conectan equipos de protección.

Otra de las subestaciones que presentan un alto grado de pérdidas se presenta en la RTU\_CHARCANI, en la cual el 66% de paquetes enviados se pierde o no llega a destino

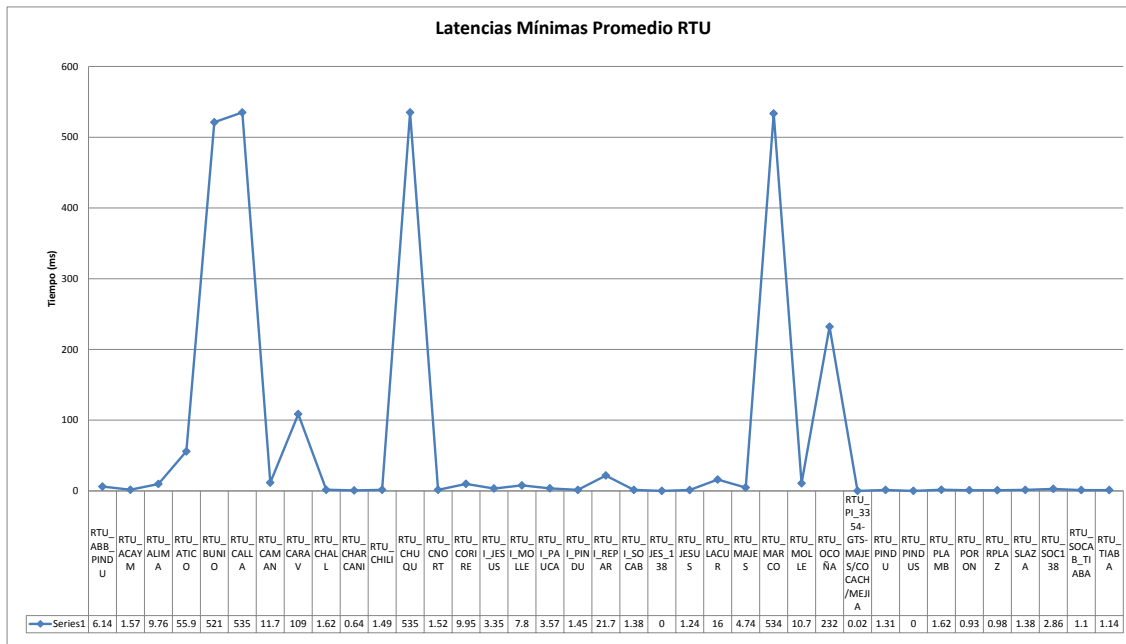
**Gráfico 129. Latencias máximas promedio RTU**



**Fuente: Elaboración propia**

En Chuquibamba, Marcona, RTU PI3354, Cono Norte, Chilina, Socabaya, Parque Lambramani, Porongoche, Agua Lima, Mollendo y Jesús presentan tiempos de latencia altos, a pesar de que la mayoría de ellos forman parte del anillo de fibra óptica.

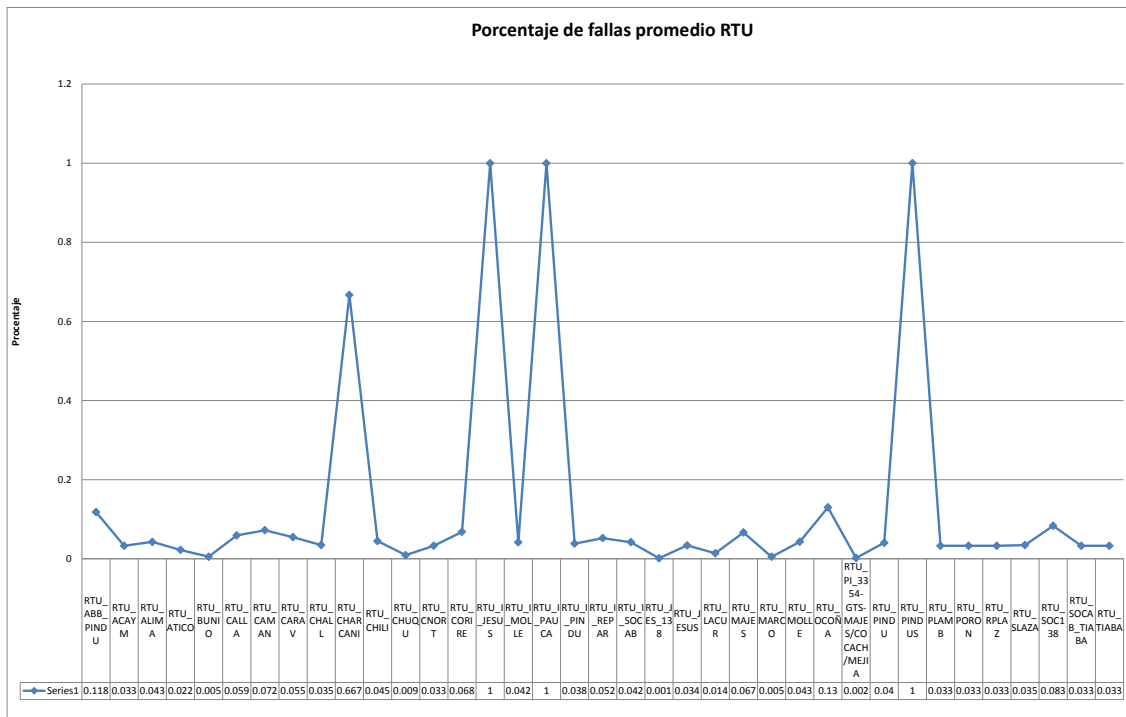
**Gráfico 130. Latencias mínimas promedio RTU**



**Fuente: Elaboración propia**

Con respecto a las latencias mínimas promedio, como observamos en el gráfico 130, se determinó que las subestaciones con latencias mínimas altas, son: Atico, Bella Unión, Callalli, Caraveli, Chuquibamba, Marcona y Ocoña básicamente debido a que en todas estas subestaciones se realiza Frame Relay para el enlace tanto Satelital como por GPRS Movistar.

**Gráfico 131. Porcentaje de fallas promedio RTU**



**Fuente: Elaboración propia**

Finalmente tenemos el porcentaje de fallas promedio, como vemos en la gráfica 131, en ella determinamos que tenemos un elevado índice de pérdida de paquetes en las subestaciones: Charcani I, Jesús, Paucarpata, Majes, Ocoña, Socabaya en 138kV, Callalli, Camaná, Parque Industrial y Corire.

Esta grafica es importante, porque nos dice en que nodos se están perdiendo datos, lo cual es un índice claro de que, en esos tramos de red, la colisión de paquetes y el ancho de banda se satura impidiendo que la comunicación se realice de manera fluida.

## 2. Análisis de protocolos de red

### 2.1 Analizador de protocolos

El analizador de protocolos es una herramienta que se utiliza para el desarrollo y depuración de protocolos y aplicaciones que trabajan sobre una red determinada el cual permite que un ordenador pueda capturar diferentes tramas de red las cuales puedan ser analizadas en el momento de la captura o posteriormente. Cuando nos referimos al término “analiza” se entendemos que el software tiene la capacidad de reconocer a que trama capturada pertenece un protocolo en particular, como por ejemplo TCP, ARP, UDP, etc., mostrando en pantalla la información técnica decodificada. De este modo es posible visualizar todo aquello que está circulando por nuestra red. Esta característica es muy importante para el administrador de la red porque permite “conocer” realmente el estado de la red, así como permitir identificar potenciales problemas en protocolos que estemos usando, si bien su estudio y análisis puede resultar un poco engorroso, sobre todo si nos limitamos a la estructura y funcionalidad de la estructura de datos, también podemos ver la relación que hay entre los diferentes protocolos y entender mejor su principio de funcionamiento.

Este tipo de programas son utilizados en variadas arquitecturas de red, como por ejemplo en las redes LAN (10/100/1000 Ethernet, FDDI, Token Ring), redes Wireless LAN, Redes WAN, etc.(Wikipedia, Analizador de redes, s.f.)

En el caso de la red del sistema SCADA de SEAL, se procedió a realizar un análisis de red con los programas DICE y WIRESHARK, los cuales son programas de

Windows que se puede utilizar para dar formato y analizar una variedad de archivos de rastreo de paquetes, desde dos puntos en específico, primeramente, se utilizó la PC de gestión de relés para analizar la red 192.168.120.0, en la cual están definidos todos los relés de protección obteniendo los siguientes resultados:

- a. NIC PC de gestión de relés 192.168.120.2.

Mediante inspecciones en campo se actualizo la lista de red de relés de protección y red de RTU del sistema SCADA de SEAL, la cual se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 44. Relación de direcciones IP de los relés de protección**

Subestación	Dirección IP
	192.168.120.41
	192.168.120.42
	192.168.120.29
	192.168.120.40
	192.168.120.43
	192.168.120.44
	192.168.120.27
	192.168.120.28
	192.168.120.48
	192.168.120.54
	192.168.120.14
	192.168.120.14

PARQUE INDUSTRIAL	192.168.120.14
	192.168.120.14
	192.168.120.14
	192.168.120.14
	192.168.120.15
	192.168.120.15
	192.168.120.15
	192.168.120.15
	192.168.120.14
JESUS	192.168.120.33
	192.168.120.34
	192.168.120.35
	192.168.120.36
	192.168.120.37
	192.168.120.30
	192.168.120.31
	192.168.120.32
	192.168.120.31
	192.168.120.32
192.168.120.31	
192.168.120.32	
192.168.120.32	
192.168.120.31	

SAN LAZARO	192.168.120.18
	192.168.120.60
	192.168.120.61
	192.168.120.62
	192.168.120.63
	192.168.120.64
	192.168.120.65
	192.168.120.66
	192.168.120.67
	192.168.120.68
CHALLAPAMPA	192.168.120.69
	192.168.120.50
	192.168.120.51
	192.168.120.50
	192.168.120.50
	192.168.120.50
	192.168.120.50
	192.168.120.50
	192.168.120.57
	192.168.120.252
192.168.120.19	

CONO NORTE	192.168.120.235
	192.168.120.231
	192.168.120.231
	192.168.120.231
	192.168.120.232
	192.168.120.234
SOCABAYA	192.168.120.156
	192.168.120.157
	192.168.120.154
	192.168.120.155
	192.168.120.158
	192.168.120.121
	192.168.120.122
	192.168.120.123
	192.168.120.124
	192.168.120.125
	192.168.120.126
	192.168.120.127
	192.168.120.128
	192.168.120.129
192.168.120.130	
	192.168.135.66
	192.168.135.67

CHILINA	192.168.135.68
	192.168.135.69
	192.168.120.73
	192.168.120.74
	192.168.120.21
	192.168.120.20
	192.168.120.24
	192.168.120.24
	192.168.120.24
	192.168.120.24
	192.168.120.24
	192.168.120.24
	192.168.120.24
	192.168.120.24
PORONGOCHÉ	192.168.120.77
	192.168.120.78
	192.168.120.79
	192.168.120.80
	192.168.120.81
	192.168.120.82
	192.168.120.83
192.168.120.84	
192.168.120.85	

	192.168.120.87
	192.168.120.86
	192.168.120.144
	192.168.120.145
	192.168.120.146
	192.168.120.147
	192.168.120.148
	192.168.120.149
REAL PLAZA	192.168.120.150
	192.168.120.151
	192.168.120.153
	192.168.120.152
	192.168.120.193
	192.168.120.194
	192.168.120.195
	192.168.120.196
	192.168.120.197
PARQUE LAMBRAMANI	192.168.120.198
	192.168.120.199
	192.168.120.200
	192.168.120.202
	192.168.120.201
	192.168.120.135

BASE ISLAY	192.168.120.136
	192.168.120.137
	192.168.120.70
	192.168.120.70
	192.168.120.70
	192.168.120.139
MOLLENDO	192.168.120.100
	192.168.120.101
	192.168.120.102
	192.168.120.103
AGUA LIMA	192.168.120.170
	192.168.120.170
MATARANI	192.168.120.167
	192.168.120.169
	192.168.120.168
MEJIA	192.168.120.190
	192.168.120.190
	192.168.120.175
LA CURVA	192.168.120.181
	192.168.120.183
	192.168.120.182
	192.168.120.180
	192.168.120.180

COCACHACRA	192.168.120.188
	192.168.120.188
	192.168.120.188
	192.168.120.188
	192.168.120.188
	192.168.120.188
CHUCARAPI	192.168.120.177
	192.168.120.176
CAMANA	192.168.120.105
	192.168.120.114
	192.168.120.110
	192.168.120.111
	192.168.120.112
	192.168.120.113
	192.168.120.108
	192.168.120.119
JAHUAY	192.168.120.91
	192.168.120.92
ATICO	172.31.250.13
	172.31.250.14
	172.31.250.18
CARAVELI	192.168.125.2
	192.168.125.2

	192.168.125.2
	192.168.125.2
OCOÑA	192.168.125.36
	192.168.125.39
	192.168.125.35
REPARTICION	192.168.120.215
	192.168.120.205
	192.168.120.206
	192.168.120.206
	192.168.120.207
	192.168.120.208
	192.168.120.209
EL CRUCE	192.168.120.185
	192.168.120.185
	192.168.120.185
MAJES	192.168.120.223
	192.168.120.222
	192.168.120.221
	192.168.120.220
	192.168.120.247
	192.168.120.248
	192.168.120.224
	192.168.120.225

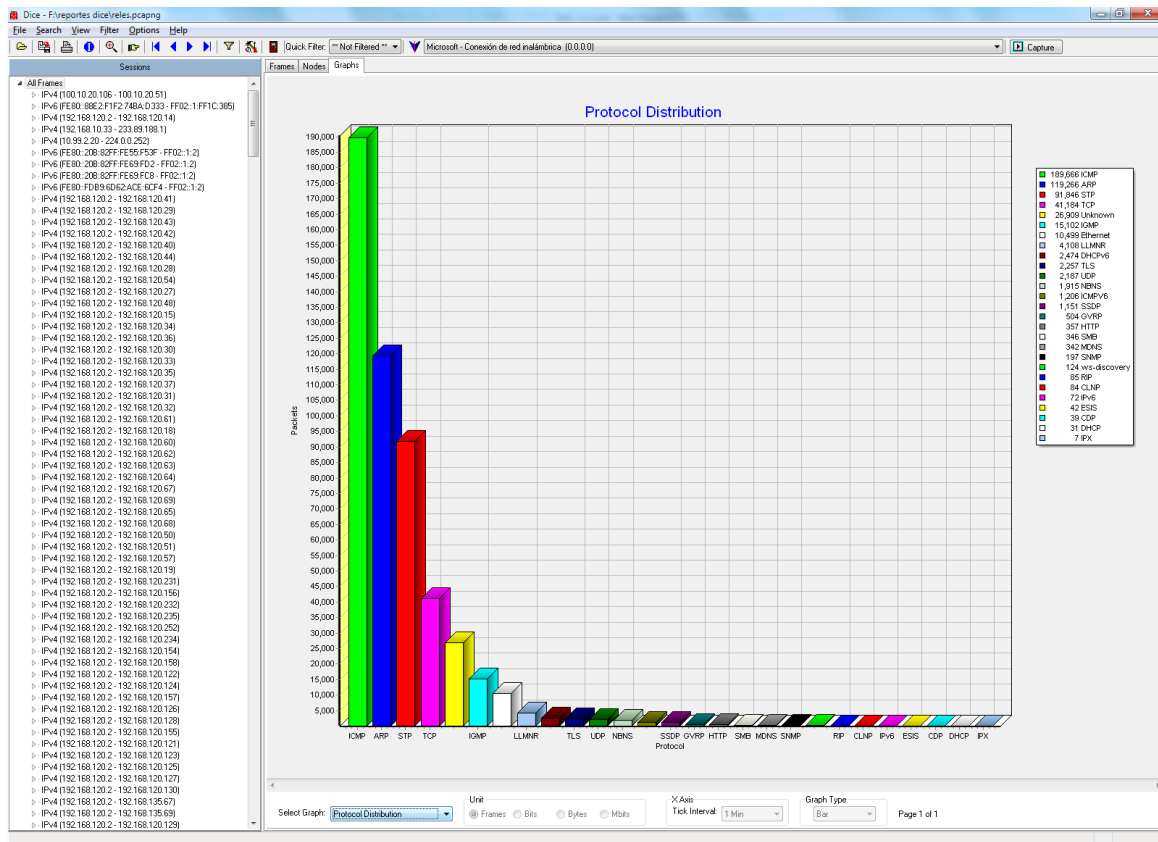
	192.168.120.226
	192.168.120.227
	192.168.120.228
	192.168.120.229
CORIRE	192.168.120.240
	192.168.120.241
	192.168.120.242
CHUQUIBAMBA	172.31.249.164
	172.31.249.165
	172.31.249.163
	172.31.249.166
	172.31.249.163
CALLALLI	172.31.249.132
	172.31.249.141
	172.31.249.131
	172.31.249.132
	172.31.249.130
	172.31.249.136
	172.31.249.142
MARCONA	172.31.249.182
BELLA UNION	172.31.249.156
	172.31.249.157
	172.31.249.158

	172.31.249.148
	172.31.249.148
	172.31.249.148
CHALA	192.168.122.10
	192.168.123.10
	172.31.250.41
	172.31.250.42
ALTO CAYMA	192.168.120.142
	192.168.120.142
	192.168.120.142
	192.168.120.142
	192.168.120.142

**Fuente: Elaboración propia**

Mediante el analizador de redes DICE, se procedió a analizar toda la red de relés de protección, tal y como se muestra a continuación:

**Gráfico 132. Distribución de protocolos**



**Fuente: Elaboración propia**

Como vemos en el gráfico 132, los protocolos predominantes en el intercambio constante de paquetes entre los relés de protección y la PC de gestión remota, son básicamente los siguientes:

## 2.2 Protocolo ICMP

Es uno de los protocolos de mantenimiento que complementa el conjunto TCP/IP, permitiendo que dos sistemas de una red IP compartan información de errores y estados. ICMP (Internet Control Message Protocol o Protocolo de Mensajes de Control Internet) realiza la indicación de errores, control de flujo y funciones

informativas para IP, este protocolo es usado comúnmente por el comando ping. Su función es básicamente detectar latencia y pérdida de comunicación en determinados lapsos de tiempo mediante el envío de una petición y la recepción de un eco como respuesta.

### **2.3 Protocolo ARP**

Este protocolo es el encargado de la resolución de direcciones ARP que por sus siglas en inglés (Address Resolution Protocol) que trabaja en capa 2 del modelo OSI, permite que las direcciones físicas o direcciones MAC única de 48 bits de las tarjetas de red se hagan conocidas por todos los hosts de la red y estos estén enlazados a una dirección IP.

### **2.4 Protocolo STP**

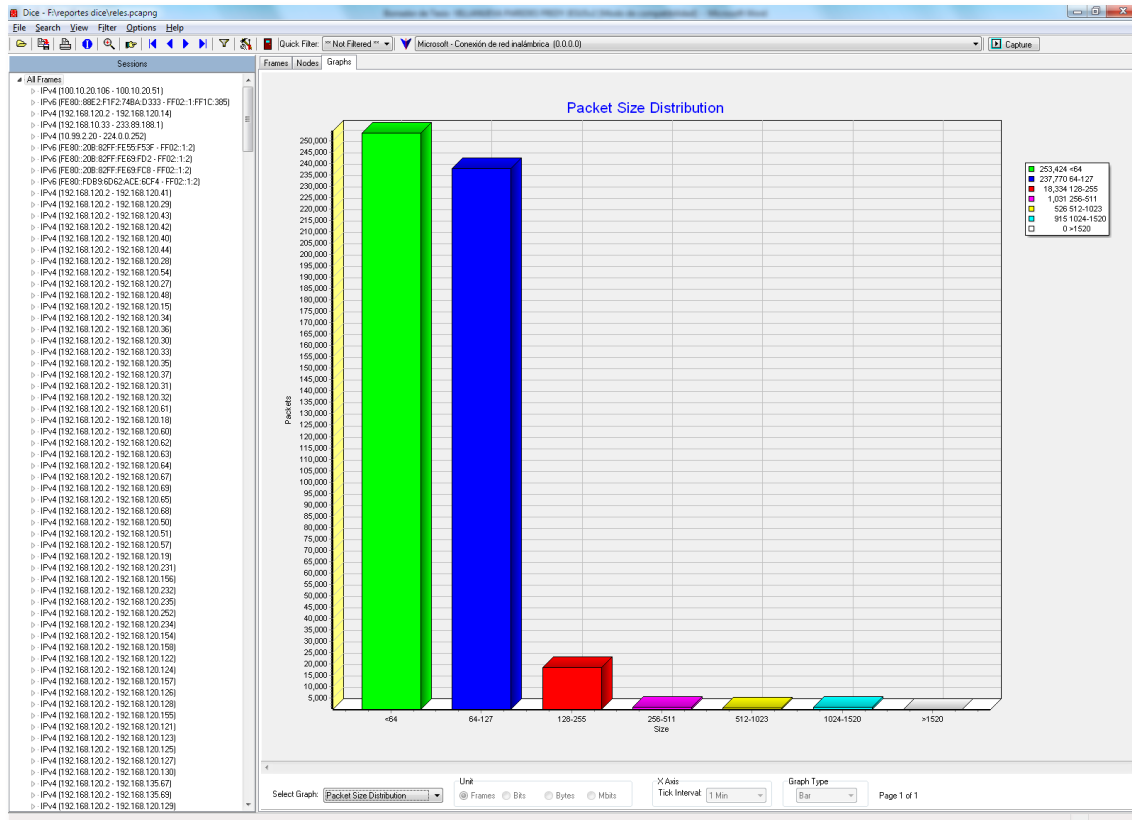
La función principal de este protocolo es cerciorarse que solo exista una sola ruta lógica entre todos los destinos de una red, bloqueando de forma intencional interfaces de conexión para rutas donde haya presencia de redundancia que finalmente ocasionan bucles que saturan el ancho de banda imposibilitando alguna vez la comunicación.

### **2.5 Protocolo IGMP**

La función principal de este protocolo es verificar si un paquete o datagrama no puede alcanzar su destino, si el tiempo de vida ha expirado, si el encabezamiento lleva un valor no permitido, si es un paquete de eco o respuesta, etc., es decir su función es informar a las capas superiores sobre posibles defectos en los paquetes para que estos sean corregidos más adelante.

### 3. Análisis de paquetes de la red de relés de protección

Gráfico 133. Distribución de tamaño de paquete

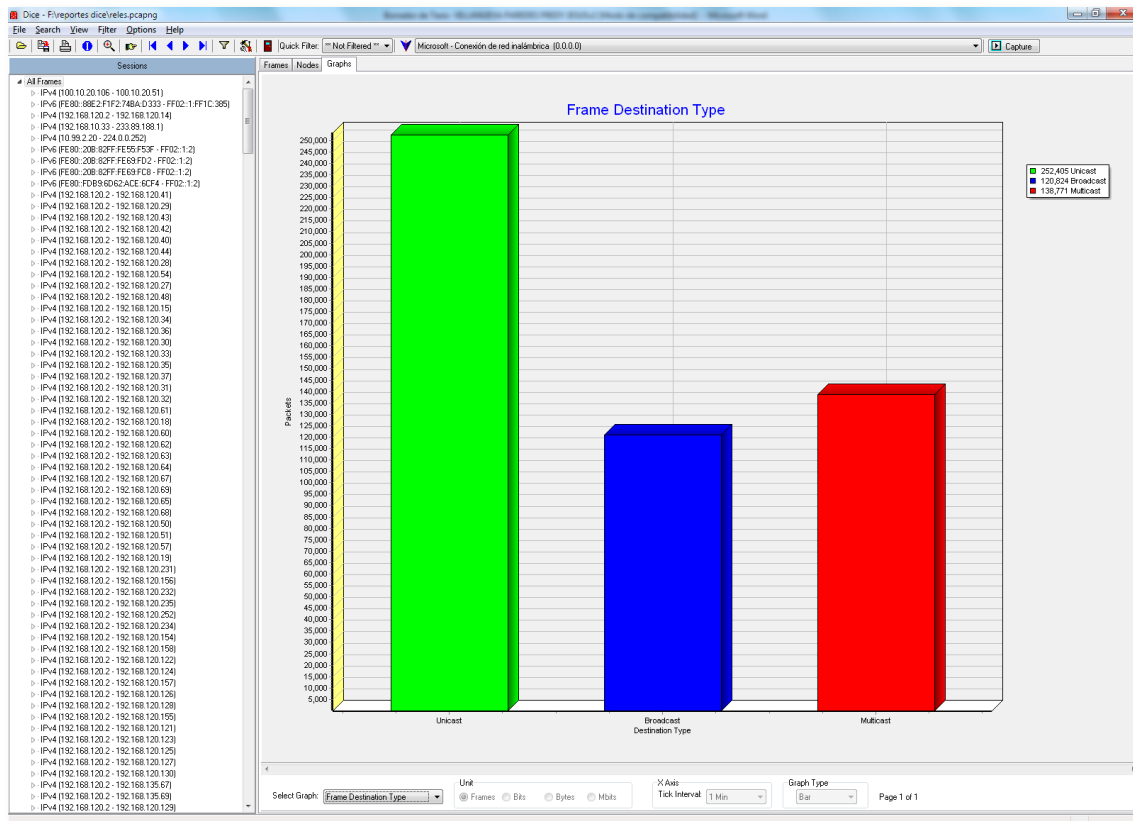


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 133, podemos apreciar la distribución de paquetes de acuerdo al tamaño de los mismos, la mayoría de los paquetes que circulan por la red es menor a 64 bytes, seguido por paquetes en el rango de 64 a 127 bytes, en menor medida tenemos tráfico de paquetes de entre 128 y 255 bytes.

Esto debido a que el tráfico entre la PC de gestión y los relés de protección es mínima puesto que el acceso a la información que el relé brinda solo se da cuando ocurre un evento o falla.

**Gráfico 134. Tipo de destino del fotograma**



**Fuente: Elaboración propia**

Al igual que existen tres tipos de cabecera Ethernet, también hay tres tipos de direcciones Ethernet:

- Unicast
- Broadcast
- Multicast

Una trama Unicast, como es el caso de la mayoría de los frames que circulan por la red del sistema SCADA, contienen la dirección MAC única del receptor de destino y se envía desde una sola fuente a un destino específico, este método de transmisión sigue siendo la forma

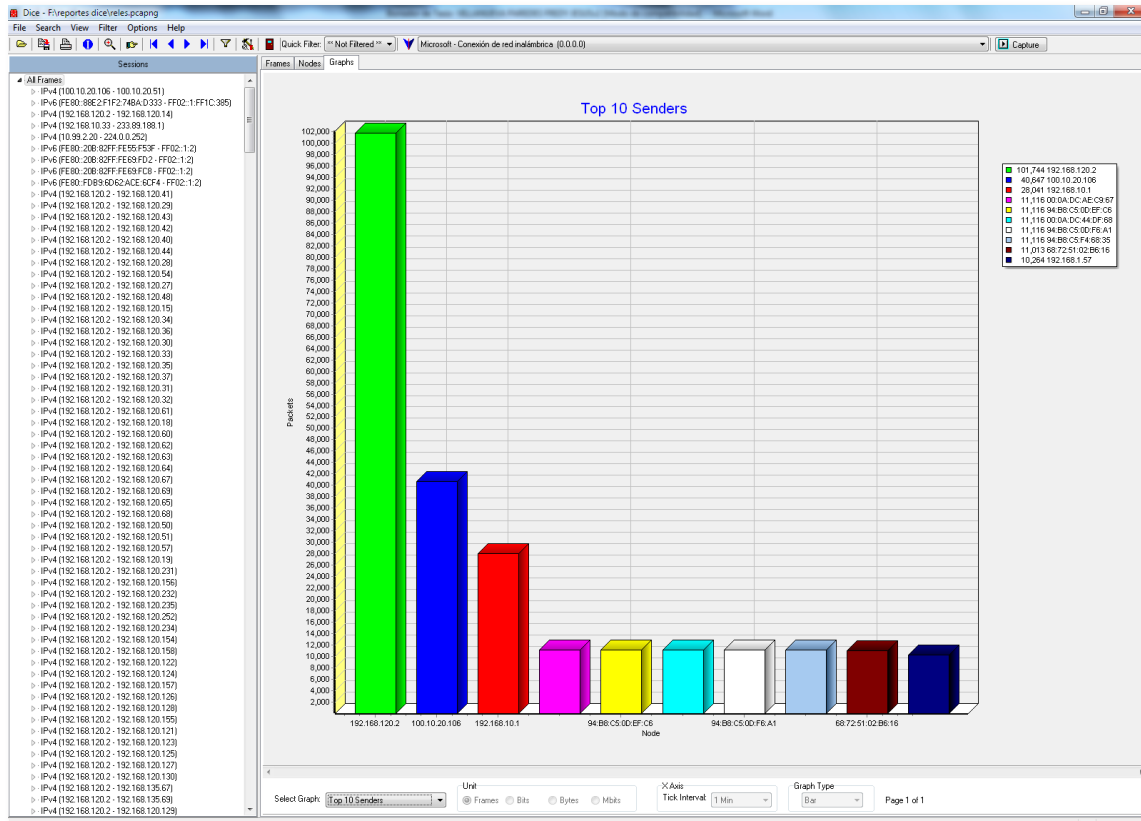
predominante de transmisión LAN. El efecto que tiene este método de transmisión sobre los recursos de la red es de consumo acumulativo, es decir que cada usuario que se conecta a una transmisión multimedia consume tantos kilobits por segundo como la codificación del contenido lo permita. La difusión broadcast se da cuando un solo nodo emisor envía información a nodos receptores simultáneamente, sin necesidad de transmitir nodo por nodo.

El método consiste en enviar un paquete de datos IP con la dirección 255.255.255.255, este Frame se reflejará en todos los nodos que forman parte del mismo segmento de red.

Mientras que la Multicast o multidifusión es el direccionamiento asociado con un grupo de receptores interesados, las direcciones desde 224.0.0.0 a la 239.255.255.255 tienen como finalidad la multidifusión, este rango toma el nombre de “Clase D”.



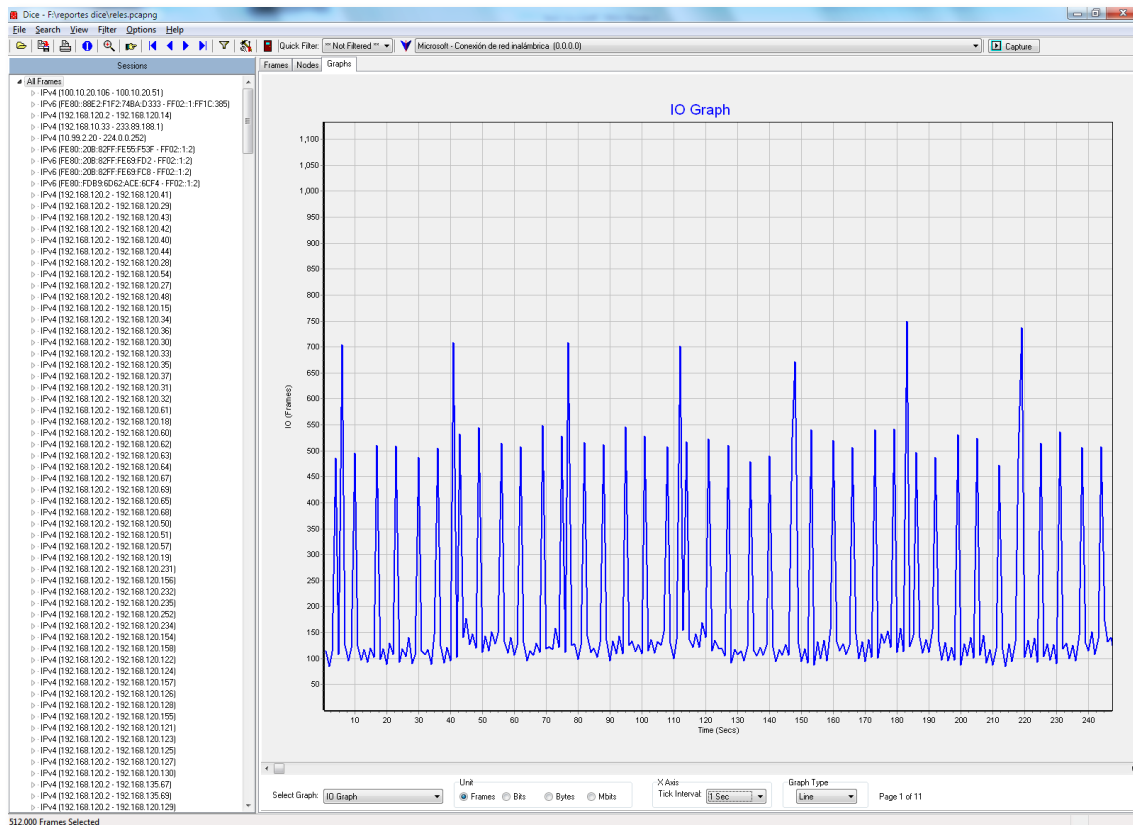
**Gráfico 135. Top 10 de remitentes**



**Fuente: Elaboración propia**

Como vemos en la gráfica 135, la dirección 192.168.120.2 correspondiente a la PC de gestión de relés es la que mayor tráfico de datos presenta seguida por redes desconocidas.

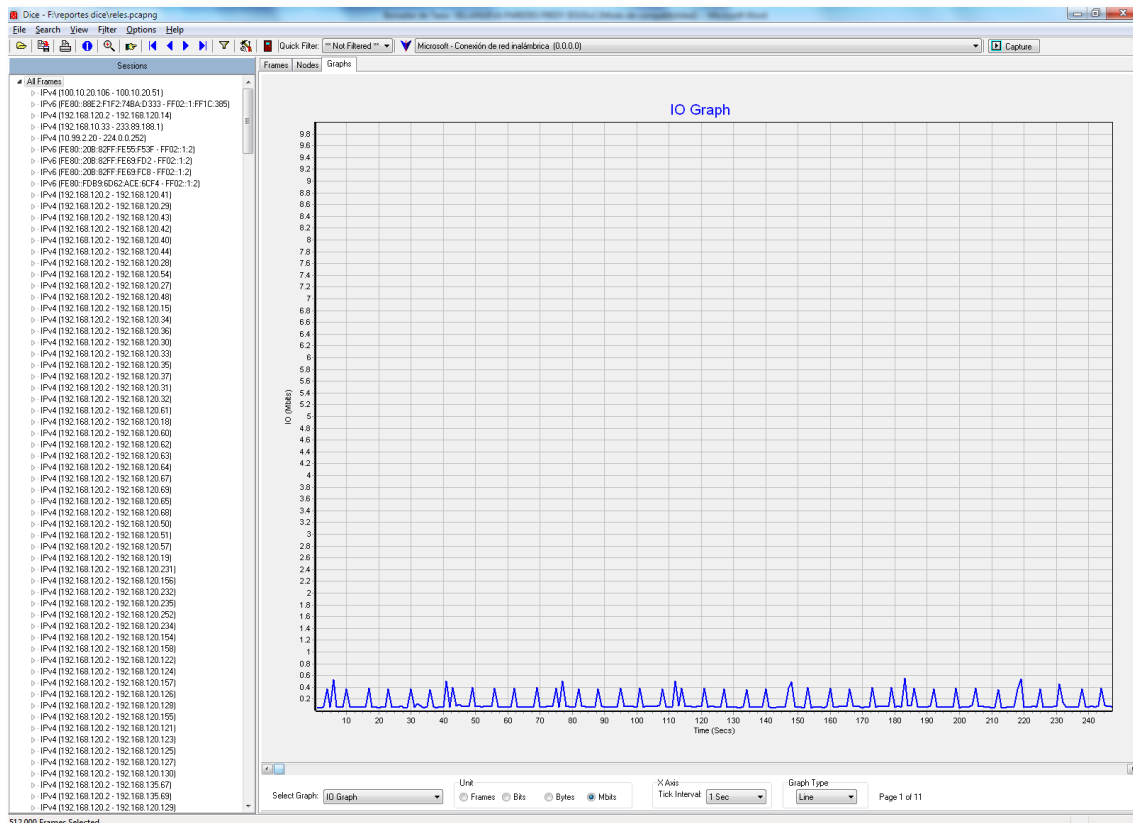
### Gráfico 136. Paquetes por segundo



**Fuente: Elaboración propia**

Con respecto al paquete envidado por segundo, como vemos en la gráfica 136, estos alcanzan un máximo de 750 y un mínimo de 475 paquetes por segundo.

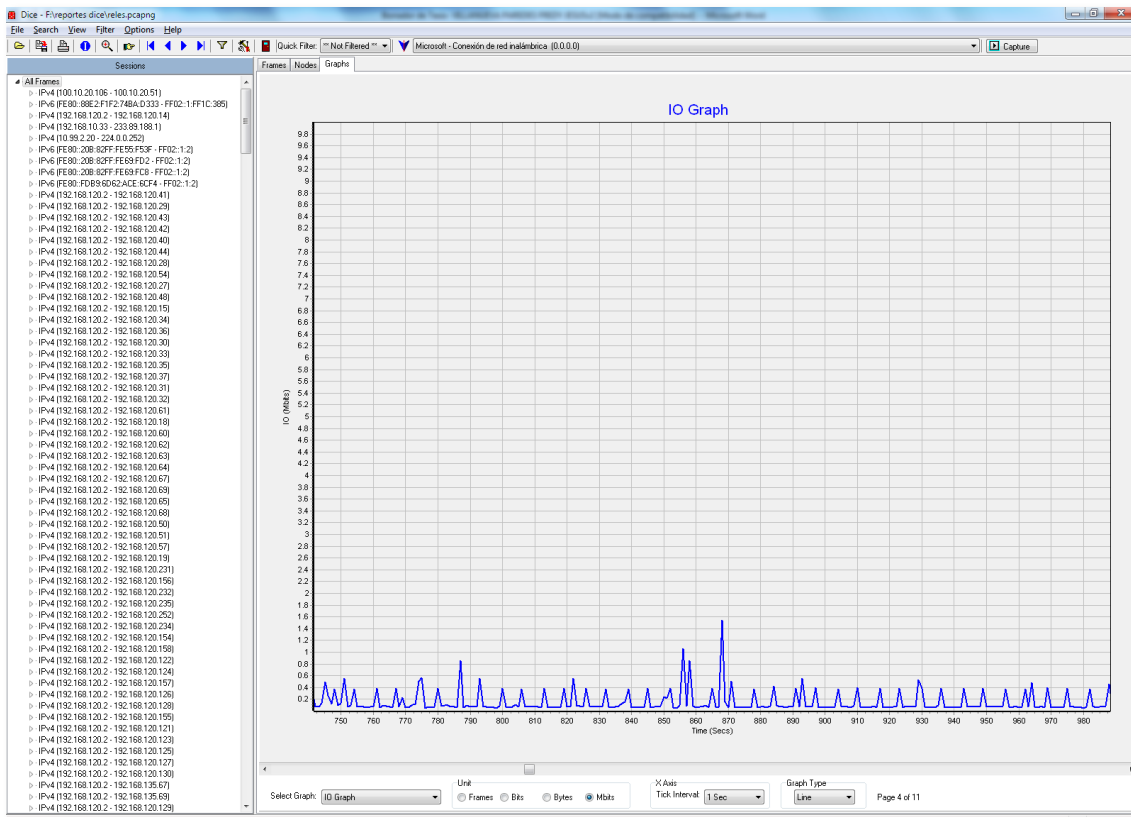
**Gráfico 137. Ancho de banda en Mbps**



**Fuente: Elaboración propia**

El ancho de banda utilizado por la red de relés alcanza un mínimo de 0.5 Mbps, y un máximo de 1.5 Mbps lo que evidentemente no satura la red, sin embargo, este llega a variar puesto que en el momento que se realizó la prueba, no se estaban haciendo maniobras ni consultando datos, simplemente se trata del el puleo constante debido al protocolo DNP3 e IEC 104, como podemos observar en el grafico 137.

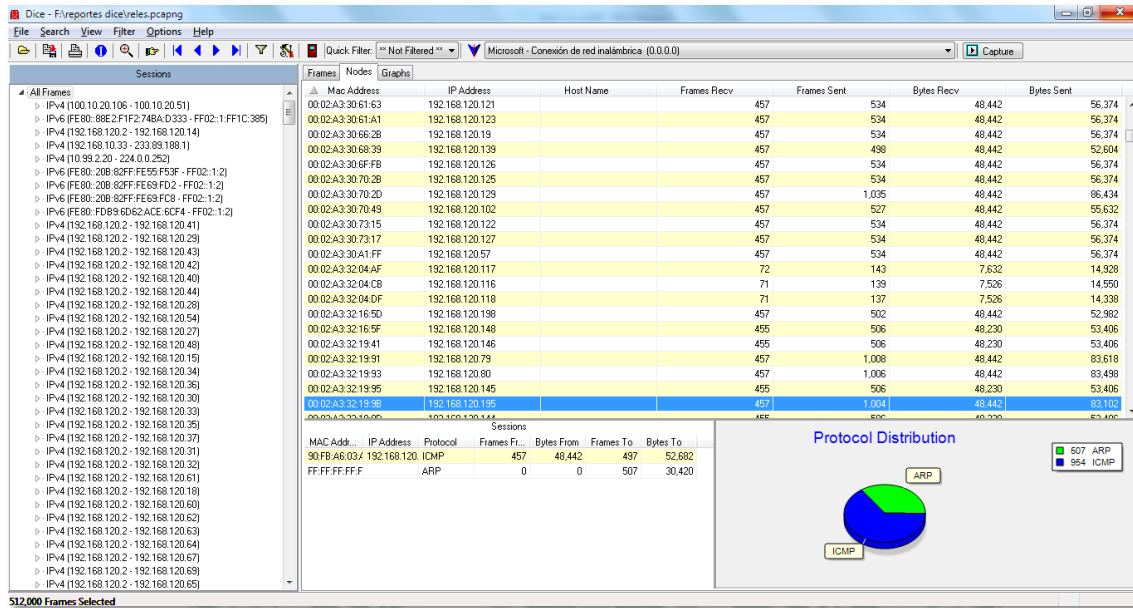
**Gráfico 138. Ancho de banda en Mbps**



**Fuente: Elaboración propia**

En la gráfica 138, apreciamos el ancho de banda en una sección de tiempo determinada, como vemos alrededor de los 868 segundos se produce el pico más alto de aproximadamente 1.76 Mbps, tiempo en el cual se realizaba una maniobra de cierre hacia un relé de protección.

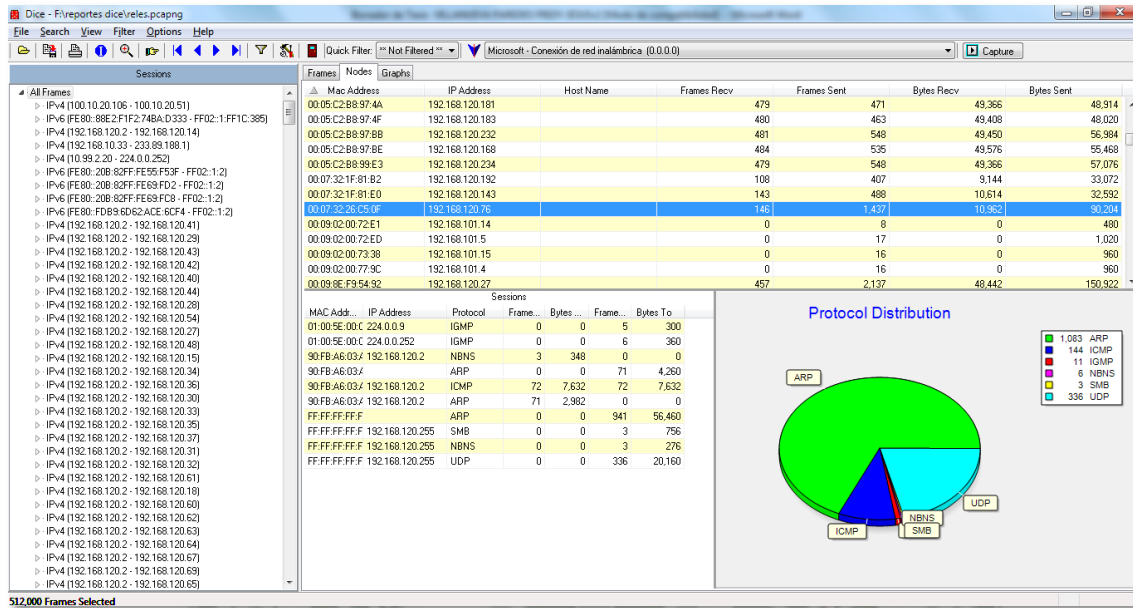
**Gráfico 139. Distribución de protocolos por nodos**



**Fuente: Elaboración propia**



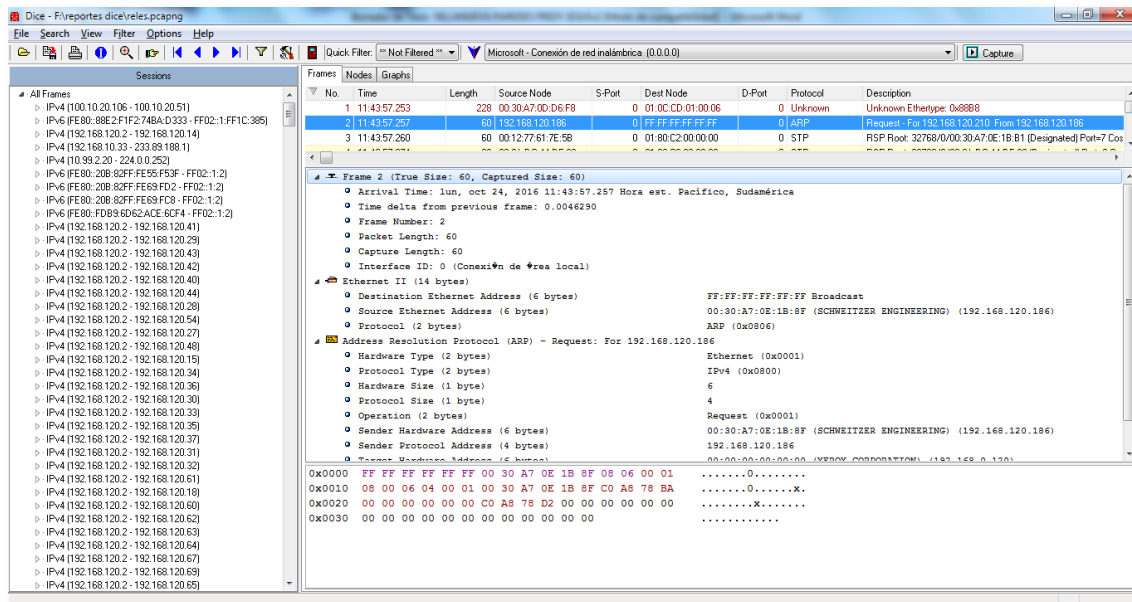
**Gráfico 140. Distribución de protocolos por nodos**



**Fuente: Elaboración propia**



**Gráfico 141. Paquetes ARP**



**Fuente: Elaboración propia**

La estructura de un paquete ARP, como vemos en el gráfico 141, se divide básicamente en tres partes o bloques, el primer bloque de parámetros del paquete hace referencia al tamaño del paquete propiamente dicho, el cual es de 60 bytes, la hora en que llegó el paquete fue un Lunes 24 de octubre del 2016 a las 11:43:57 Hora del Este del Pacífico, con respecto al delta desde que transcurrió el fotograma anterior, transcurrieron 0.0046290 segundos o 4.629 milisegundos, el número de paquetes nos indica que fueron 2, lo cual es lógico porque el envío de paquetes es bidireccional, tanto la longitud de paquete como de captura es de 60 bytes, mientras que la interface ID se realizó través de la tarjeta de red de la PC de gestión.

En el segundo bloque apreciamos la trama Ethernet II el cual engloba 14 bytes del paquete total, define el campo EtherType de dos octetos en una trama Ethernet, precedida por las direcciones MAC de origen y de destino, que identifica un protocolo de capa superior que

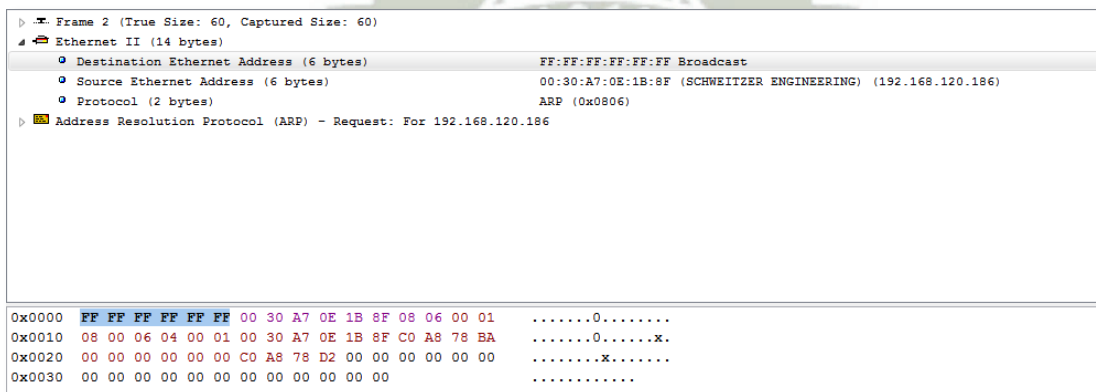
encapsula los datos de la trama, en este caso la dirección MAC de destino es FF:FF:FF:FF:FF:FF que claramente nos indica que se está realizando un broadcast justamente porque se trata del protocolo ARP definido por el número hexadecimal 0x0806, cuya función ya mencioné anteriormente.

Finalmente tenemos un tercer bloque correspondiente al protocolo de resolución de dirección ARP que representa 26 bytes del total del paquete, de los cuales 2 bytes definen el tipo de hardware el cual es Ethernet representado por el número hexadecimal 0x0001, tenemos también el tipo de protocolo IPv4 representado por el número hexadecimal 0x0800 con 2 bytes.

El tamaño del hardware y protocolo representa 2 bytes que representan 2 números decimales cada uno, la operación representa 2 bytes, la dirección de hardware del remitente equivalente a 6 bytes, la dirección de protocolo del remitente equivale a 4 bytes, de igual manera para el destinatario.

Los últimos 18 bytes representan el mensaje propiamente dicho.

### Gráfico 142. Dirección Ethernet de destino



Frame 2 (True Size: 60, Captured Size: 60)	
Ethernet II (14 bytes)	
Destination Ethernet Address (6 bytes)	FF:FF:FF:FF:FF:FF Broadcast
Source Ethernet Address (6 bytes)	00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
Protocol (2 bytes)	ARP (0x0806)
Address Resolution Protocol (ARP) - Request: For 192.168.120.186	
0x0000	FF FF FF FF FF FF 00 30 A7 0E 1B 8F 08 06 00 01 .....0.....
0x0010	08 00 06 04 00 01 00 30 A7 0E 1B 8F C0 A8 78 BA .....0.....x.
0x0020	00 00 00 00 00 00 C0 A8 78 D2 00 00 00 00 00 00 .....X.....
0x0030	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....0.....

Fuente: Elaboración propia

La dirección Ethernet de destino representa los 6 primeros bytes de la trama Ethernet II, como vemos en el gráfico 142 resaltado en azul.

**Gráfico 143. Dirección Ethernet fuente**

```

Frame 2 (True Size: 60, Captured Size: 60)
  Ethernet II (14 bytes)
    Destination Ethernet Address (6 bytes)      FF:FF:FF:FF:FF:FF Broadcast
    Source Ethernet Address (6 bytes)          00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
    Protocol (2 bytes)                          ARP (0x0806)
  Address Resolution Protocol (ARP) - Request: For 192.168.120.186

0x0000  FF FF FF FF FF FF 00 30 A7 0E 1B 8F 08 06 00 01  .....0.....
0x0010  08 00 06 04 00 01 00 30 A7 0E 1B 8F C0 A8 78 BA  .....0.....x.
0x0020  00 00 00 00 00 00 C0 A8 78 D2 00 00 00 00 00 00  .....x.....
0x0030  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  .....
    
```

**Fuente: Elaboración propia**

La dirección Ethernet de fuente también representa 6bytes de la trama conteniendo la dirección MAC del dispositivo fuente, de igual manera esta resaltado en azul en el gráfico 143.

**Gráfico 144. Protocolo ARP**

```

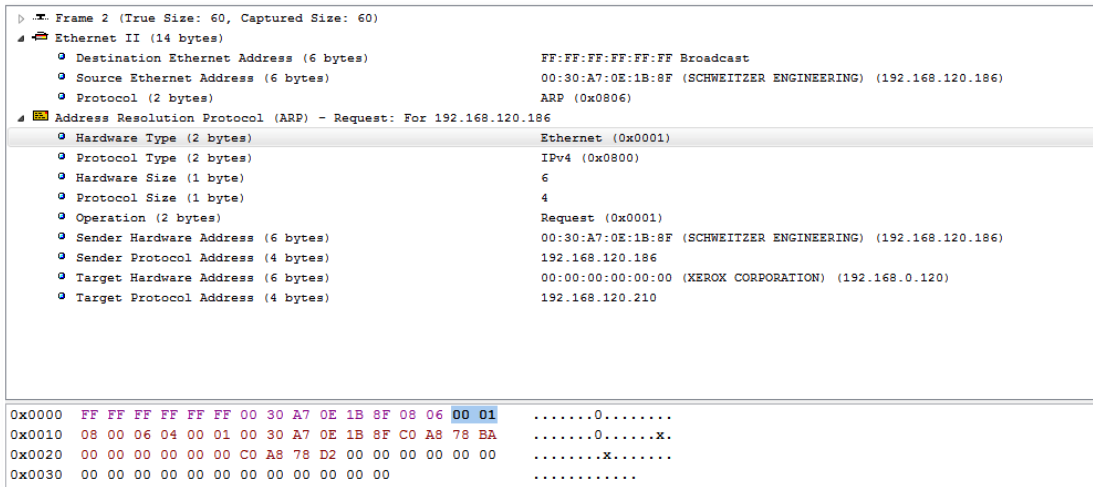
Frame 2 (True Size: 60, Captured Size: 60)
  Ethernet II (14 bytes)
    Destination Ethernet Address (6 bytes)      FF:FF:FF:FF:FF:FF Broadcast
    Source Ethernet Address (6 bytes)          00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
    Protocol (2 bytes)                          ARP (0x0806)
  Address Resolution Protocol (ARP) - Request: For 192.168.120.186

0x0000  FF FF FF FF FF FF 00 30 A7 0E 1B 8F 08 06 00 01  .....0.....
0x0010  08 00 06 04 00 01 00 30 A7 0E 1B 8F C0 A8 78 BA  .....0.....x.
0x0020  00 00 00 00 00 00 C0 A8 78 D2 00 00 00 00 00 00  .....x.....
0x0030  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  .....
    
```

**Fuente: Elaboración propia**

El protocolo ARP representa 2 bytes del total de la trama Ethernet II y se identifica por los valores hexadecimales 0x0806 como vemos resaltado de azul en el gráfico 144.

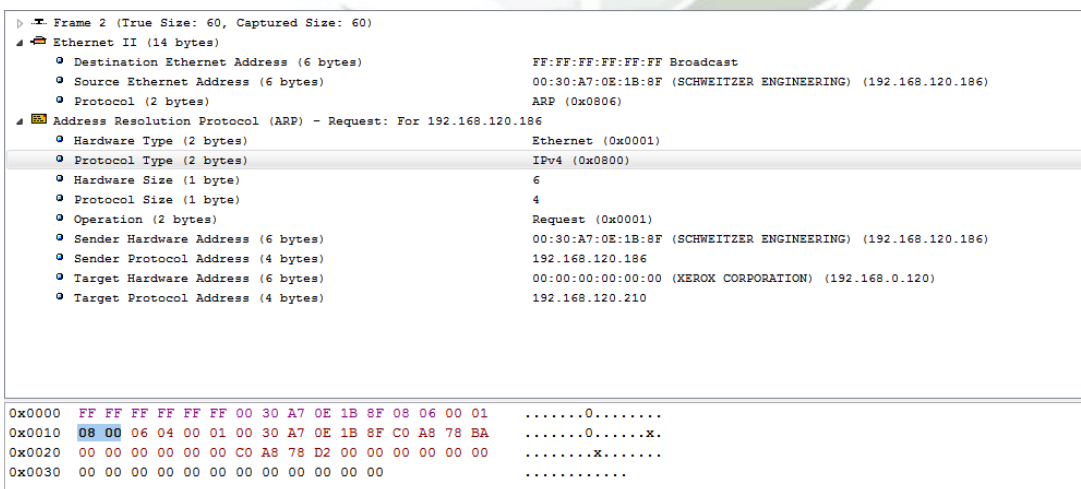
### Gráfico 145. Tipo de hardware



### Fuente: Elaboración propia

El tipo de hardware está representado por el numero hexadecimal 0x0001 que corresponde al tipo de conexión Ethernet, como vemos en la gráfica 145 resaltado en azul.

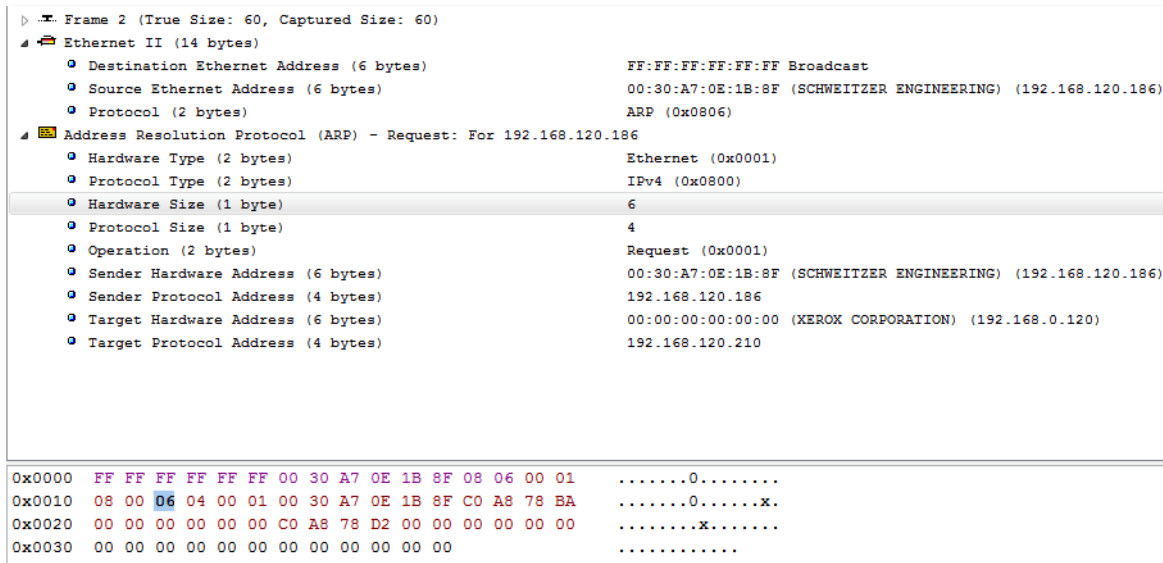
### Gráfico 146. Tipo de protocolo



**Fuente: Elaboración propia**

El tipo de protocolo también esta codificado mediante el numero hexadecimal 0x0800 correspondiente a IPv4 como vemos resaltado en azul en la gráfica 146.

**Gráfico 147. Tamaño del hardware**



```

Frame 2 (True Size: 60, Captured Size: 60)
└─ Ethernet II (14 bytes)
  └─ Destination Ethernet Address (6 bytes)      FF:FF:FF:FF:FF:FF Broadcast
  └─ Source Ethernet Address (6 bytes)          00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
  └─ Protocol (2 bytes)                          ARP (0x0806)
└─ Address Resolution Protocol (ARP) - Request: For 192.168.120.186
  └─ Hardware Type (2 bytes)                      Ethernet (0x0001)
  └─ Protocol Type (2 bytes)                       IPv4 (0x0800)
  └─ Hardware Size (1 byte)                         6
  └─ Protocol Size (1 byte)                          4
  └─ Operation (2 bytes)                            Request (0x0001)
  └─ Sender Hardware Address (6 bytes)             00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
  └─ Sender Protocol Address (4 bytes)             192.168.120.186
  └─ Target Hardware Address (6 bytes)             00:00:00:00:00:00 (XEROX CORPORATION) (192.168.0.120)
  └─ Target Protocol Address (4 bytes)             192.168.120.210
  
```

```

0x0000  FF FF FF FF FF FF 00 30 A7 0E 1B 8F 08 06 00 01  .....0.....
0x0010  08 00 06 04 00 01 00 30 A7 0E 1B 8F C0 A8 78 BA  .....0.....x.
0x0020  00 00 00 00 00 00 C0 A8 78 D2 00 00 00 00 00 00  .....x.....
0x0030  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  .....
  
```

**Fuente: Elaboración propia**

El tamaño del hardware se relaciona con un número decimal que nos indica el número de bytes.

### Gráfico 148. Tamaño de protocolo

Address Resolution Protocol (ARP) - Request: For 192.168.120.186	
Hardware Type (2 bytes)	Ethernet (0x0001)
Protocol Type (2 bytes)	IPv4 (0x0800)
Hardware Size (1 byte)	6
Protocol Size (1 byte)	4
Operation (2 bytes)	
Sender Hardware Address (6 bytes)	00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
Sender Protocol Address (4 bytes)	192.168.120.186
Target Hardware Address (6 bytes)	00:00:00:00:00:00 (XEROX CORPORATION) (192.168.0.120)
Target Protocol Address (4 bytes)	192.168.120.210

0x0000	FF FF FF FF FF FF 00 30 A7 0E 1B 8F 08 06 00 01	.....0.....
0x0010	08 00 06 04 00 01 00 30 A7 0E 1B 8F C0 A8 78 BA	.....0.....X.
0x0020	00 00 00 00 00 00 C0 A8 78 D2 00 00 00 00 00 00	.....X.....
0x0030	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	.....

Fuente: Elaboración propia

El tamaño del protocolo está relacionado con un número decimal que nos indica el número de bytes.

### Gráfico 149. Operación

Frame 2 (True Size: 60, Captured Size: 60)	
Ethernet II (14 bytes)	
Destination Ethernet Address (6 bytes)	FF:FF:FF:FF:FF:FF Broadcast
Source Ethernet Address (6 bytes)	00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
Protocol (2 bytes)	ARP (0x0806)
Address Resolution Protocol (ARP) - Request: For 192.168.120.186	
Hardware Type (2 bytes)	Ethernet (0x0001)
Protocol Type (2 bytes)	IPv4 (0x0800)
Hardware Size (1 byte)	6
Protocol Size (1 byte)	4
Operation (2 bytes)	
Sender Hardware Address (6 bytes)	00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
Sender Protocol Address (4 bytes)	192.168.120.186
Target Hardware Address (6 bytes)	00:00:00:00:00:00 (XEROX CORPORATION) (192.168.0.120)
Target Protocol Address (4 bytes)	192.168.120.210

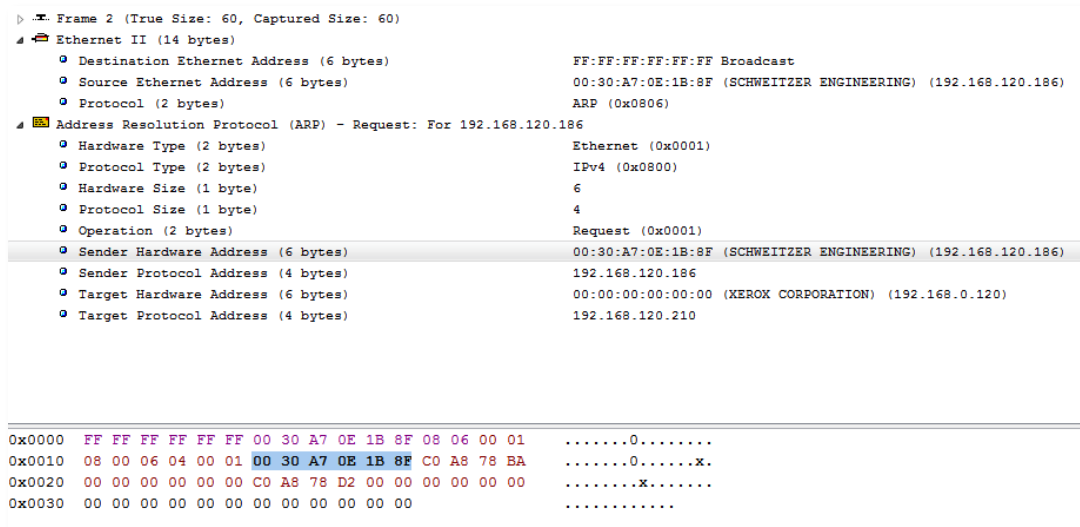
  

0x0000	FF FF FF FF FF FF 00 30 A7 0E 1B 8F 08 06 00 01	.....0.....
0x0010	08 00 06 04 00 01 00 30 A7 0E 1B 8F C0 A8 78 BA	.....0.....X.
0x0020	00 00 00 00 00 00 C0 A8 78 D2 00 00 00 00 00 00	.....X.....
0x0030	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	.....

Fuente: Elaboración propia

La operación está relacionada con la función que cumple el protocolo, en este caso conseguir una respuesta entre dos hosts es el objetivo, esta operación equivale al número hexadecimal 0x0001 y se visualiza resaltado en azul en la gráfica.

**Gráfico 150. Dirección de hardware de remitente**



**Fuente: Elaboración propia**

La dirección de hardware de destino se define como la MAC del host remitente, como se puede apreciar en el grafico 150.

### Gráfico 151. Dirección de protocolo del remitente

```

Frame 2 (True Size: 60, Captured Size: 60)
  Ethernet II (14 bytes)
    Destination Ethernet Address (6 bytes)      FF:FF:FF:FF:FF:FF Broadcast
    Source Ethernet Address (6 bytes)          00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
    Protocol (2 bytes)                          ARP (0x0806)
  Address Resolution Protocol (ARP) - Request: For 192.168.120.186
    Hardware Type (2 bytes)                    Ethernet (0x0001)
    Protocol Type (2 bytes)                    IPv4 (0x0800)
    Hardware Size (1 byte)                     6
    Protocol Size (1 byte)                     4
    Operation (2 bytes)                        Request (0x0001)
    Sender Hardware Address (6 bytes)           00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
    Sender Protocol Address (4 bytes)           192.168.120.186
    Target Hardware Address (6 bytes)           00:00:00:00:00:00 (XEROX CORPORATION) (192.168.0.120)
    Target Protocol Address (4 bytes)           192.168.120.210

0x0000  FF FF FF FF FF FF 00 30 A7 0E 1B 8F 08 06 00 01  .....0.....
0x0010  08 00 06 04 00 01 00 30 A7 0E 1B 8F C0 A8 78 BA  .....0.....x.
0x0020  00 00 00 00 00 00 C0 A8 78 D2 00 00 00 00 00 00  .....x.....
0x0030  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  .....
  
```

**Fuente:** Elaboración propia

La dirección de protocolo del remitente o simplemente la dirección IP, se define en el paquete en números hexadecimales, como se indica en la gráfica 151.

### Gráfico 152. Dirección de hardware de destino

```

Frame 2 (True Size: 60, Captured Size: 60)
  Ethernet II (14 bytes)
    Destination Ethernet Address (6 bytes)      FF:FF:FF:FF:FF:FF Broadcast
    Source Ethernet Address (6 bytes)          00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
    Protocol (2 bytes)                          ARP (0x0806)
  Address Resolution Protocol (ARP) - Request: For 192.168.120.186
    Hardware Type (2 bytes)                    Ethernet (0x0001)
    Protocol Type (2 bytes)                    IPv4 (0x0800)
    Hardware Size (1 byte)                     6
    Protocol Size (1 byte)                     4
    Operation (2 bytes)                        Request (0x0001)
    Sender Hardware Address (6 bytes)           00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
    Sender Protocol Address (4 bytes)           192.168.120.186
    Target Hardware Address (6 bytes)           00:00:00:00:00:00 (XEROX CORPORATION) (192.168.0.120)
    Target Protocol Address (4 bytes)           192.168.120.210

0x0000  FF FF FF FF FF FF 00 30 A7 0E 1B 8F 08 06 00 01  .....0.....
0x0010  08 00 06 04 00 01 00 30 A7 0E 1B 8F C0 A8 78 BA  .....0.....x.
0x0020  00 00 00 00 00 00 C0 A8 78 D2 00 00 00 00 00 00  .....x.....
0x0030  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  .....
  
```

**Fuente:** Elaboración propia

La dirección hardware de la dirección de destino representa la MAC del host receptor, como se ve en la gráfica 152.

### Gráfico 153. Dirección de protocolo de destino

```

Frame 2 (True Size: 60, Captured Size: 60)
  Ethernet II (14 bytes)
    Destination Ethernet Address (6 bytes)      FF:FF:FF:FF:FF:FF Broadcast
    Source Ethernet Address (6 bytes)          00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
    Protocol (2 bytes)                         ARP (0x0806)
  Address Resolution Protocol (ARP) - Request: For 192.168.120.186
    Hardware Type (2 bytes)                    Ethernet (0x0001)
    Protocol Type (2 bytes)                    IPv4 (0x0800)
    Hardware Size (1 byte)                     6
    Protocol Size (1 byte)                     4
    Operation (2 bytes)                        Request (0x0001)
    Sender Hardware Address (6 bytes)           00:30:A7:0E:1B:8F (SCHWEITZER ENGINEERING) (192.168.120.186)
    Sender Protocol Address (4 bytes)           192.168.120.186
    Target Hardware Address (6 bytes)           00:00:00:00:00:00 (XEROX CORPORATION) (192.168.0.120)
    Target Protocol Address (4 bytes)           192.168.120.210

0x0000  FF FF FF FF FF FF 00 30 A7 0E 1B 8F 08 06 00 01  .....0.....
0x0010  08 00 06 04 00 01 00 30 A7 0E 1B 8F C0 A8 78 BA  .....0.....X.
0x0020  00 00 00 00 00 00 CD A8 78 D2 00 00 00 00 00 00  .....X.....
0x0030  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  .....

```

### Fuente: Elaboración propia

La dirección de protocolo del destino representa la IP del host receptor, el cual también se convierte a un número hexadecimal, tal como se muestra en la gráfica 153.

### Gráfico 154. Frame ICMP

```

Frame 317 (True Size: 106, Captured Size: 106)
  Arrival Time: lun, oct 24, 2016 11:44:00.403 Hora est. Pacífico, Sudamérica
  Time delta from previous frame: 0.0192350
  Frame Number: 317
  Packet Length: 106
  Capture Length: 106
  Interface ID: 0 (Conexión de área local)
  Ethernet II (14 bytes)
  Internet Protocol Version 4 (IPv4) (20 bytes)
  Internet Control Message Protocol (ICMP)

0x0000  00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00  .....0..E.
0x0010  00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8  .\8.....J..x...
0x0020  78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1  x).....8.
0x0030  B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00  .....
0x0040  00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00  .....
0x0050  00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00  .....
0x0060  00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00  .....
    
```

**Fuente: Elaboración propia**

El paquete ICMP se divide en cuatro bloques, en el primer bloque, al igual que en el paquete ARP, se hace referencia al tamaño del paquete propiamente dicho, el número correlativo, la fecha en que se envió, así como el tiempo delta entre un paquete anterior y la interface de conexión hacia la red.

### Gráfico 155. Ethernet II en ICMP

```

Frame 317 (True Size: 106, Captured Size: 106)
  Arrival Time: lun, oct 24, 2016 11:44:00.403 Hora est. Pacífico, Sudamérica
  Time delta from previous frame: 0.0192350
  Frame Number: 317
  Packet Length: 106
  Capture Length: 106
  Interface ID: 0 (Conexión de área local)
  Ethernet II (14 bytes)
    Destination Ethernet Address (6 bytes) 00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)
    Source Ethernet Address (6 bytes) 90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)
    Protocol (2 bytes) IPv4 (0x0800)
  Internet Protocol Version 4 (IPv4) (20 bytes)
  Internet Control Message Protocol (ICMP)

0x0000 00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00 .....0...E.
0x0010 00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8 .\8.....J..x...
0x0020 78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1 x).....8.
0x0030 B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00 .....
0x0040 00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00 .....
0x0050 00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00 .....
0x0060 00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00 .....
    
```

**Fuente: Elaboración propia**

Ethernet II tiene la misma distribución de bytes en ICMP, donde la dirección Ethernet de destino o dirección MAC equivale a 6 bytes de la trama al igual que la dirección de destino fuente, mientras que el protocolo equivale a solo 2 bytes, donde mediante un número hexadecimal 0x0800 que especifica que la comunicación se da a través de IPv4. Resaltado en azul en la gráfica 155 vemos la dirección MAC del host de destino.

### Gráfico 156. Dirección Ethernet de fuente

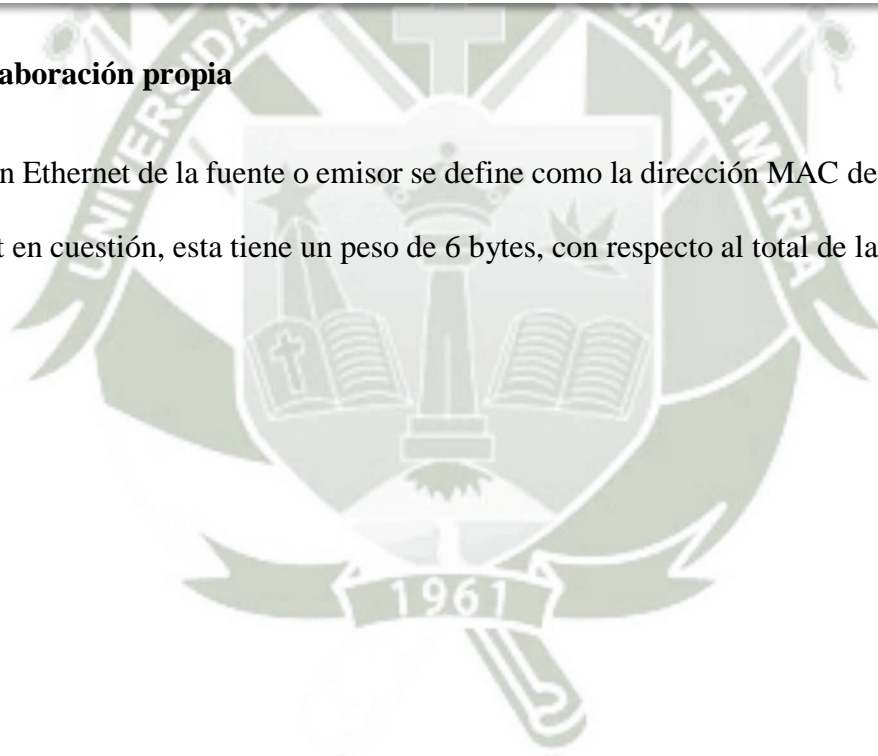
```

Frame 317 (True Size: 106, Captured Size: 106)
  Arrival Time: lun, oct 24, 2016 11:44:00.403 Hora est. Pacifico, Sudamérica
  Time delta from previous frame: 0.0192350
  Frame Number: 317
  Packet Length: 106
  Capture Length: 106
  Interface ID: 0 (Conexión de área local)
  Ethernet II (14 bytes)
    Destination Ethernet Address (6 bytes)          00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)
    Source Ethernet Address (6 bytes)              90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)
    Protocol (2 bytes)                             IPv4 (0x0800)
  Internet Protocol Version 4 (IPV4) (20 bytes)
  Internet Control Message Protocol (ICMP)
  
```

0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00	.....0..E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8	.\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1	x).....8.
0x0030	B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00	.....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00	.....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00	.....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00	.....

### Fuente: Elaboración propia

La dirección Ethernet de la fuente o emisor se define como la dirección MAC de la tarjeta de red del host en cuestión, esta tiene un peso de 6 bytes, con respecto al total de la trama.



## Gráfico 157. Protocolo

```

Frame 317 (True Size: 106, Captured Size: 106)
  Arrival Time: lun, oct 24, 2016 11:44:00.403 Hora est. Pacífico, Sudamérica
  Time delta from previous frame: 0.0192350
  Frame Number: 317
  Packet Length: 106
  Capture Length: 106
  Interface ID: 0 (Conexión de Área local)
  Ethernet II (14 bytes)
    Destination Ethernet Address (6 bytes)      00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)
    Source Ethernet Address (6 bytes)          90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)
    Protocol (2 bytes)                          IPv4 (0x0800)
  Internet Protocol Version 4 (IPV4) (20 bytes)
  Internet Control Message Protocol (ICMP)

0x0000  00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00  .....0..E.
0x0010  00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8  .\8.....J.x...
0x0020  78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1  x).....8.
0x0030  B2 00 02 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00  .....
0x0040  00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00  .....
0x0050  00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00  .....
0x0060  00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00  .....
    
```

**Fuente: Elaboración propia**

Con respecto al protocolo, como en los casos anteriores, este está definido por el número hexadecimal 0x0800 con un peso de 2 bytes con respecto al total de la trama.

### Gráfico 158. Protocolo de internet versión 4

```

    • Interface ID: 0 (Conexión de área local)
  • Ethernet II (14 bytes)
    • Destination Ethernet Address (6 bytes)      00:09:8E:FA:80:EF (ipcaa GmbH) (192.168.120.41)
    • Source Ethernet Address (6 bytes)          90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)
    • Protocol (2 bytes)                          IPv4 (0x0800)
  • Internet Protocol Version 4 (IPV4) (20 bytes)
    • Version (4 bits)                             4
    • Header Length (4 bits)                       5 (20)
    • Differentiated Services Field DSCP=0x00 (Default) ECN=0x00 (Non ECN-Capable Transport, Non-ECT)
    • Total Length (2 bytes)                       92
    • Identification (2 bytes)                     0x38DA
    • Fragmentation Flags (3 bits)                 000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)
    • Fragment offset (13 bits)                   0
    • Time to Live (1 byte)                       128
    • Protocol (1 byte)                           ICMP (1)
    • Checksum (2 bytes)                          0x904A (Correct)
    • Source IP address (4 bytes)                 192.168.120.2
    • Destination IP address (4 bytes)            192.168.120.41
  • Internet Control Message Protocol (ICMP)

0x0000  00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00  .....0..E.
0x0010  00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8  ..\B.....J..x...
0x0020  78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1  x).....8.
0x0030  B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00  .....
0x0040  00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00  .....
0x0050  00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00  .....
0x0060  00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00  .....
  
```

**Fuente: Elaboración propia**

En este bloque encontramos la versión de protocolo de internet que está representada por el número decimal 4 que equivale a 4 bits.

La longitud del encabezado tiene un peso de 4 bits del total de la trama.

Los servicios diferenciados, también denominados “Tipos de servicio” (Tos), se trata de un campo de 8 bits que se utiliza para determinar la prioridad de cada paquete. Los primeros 6 bits identifican el valor del punto de código de servicios diferenciados (DSCP), utilizado por un mecanismo de calidad de servicios (QsO).

### Gráfico 159. Notificación de congestión explícita

<ul style="list-style-type: none"> <li>Interface ID: 0 (Conexión de área local)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ethernet II (14 bytes)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Destination Ethernet Address (6 bytes) 00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)</li> <li>Source Ethernet Address (6 bytes) 90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)</li> <li>Protocol (2 bytes) IPv4 (0x0800)</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Internet Protocol Version 4 (IPV4) (20 bytes)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Version (4 bits) 4</li> <li>Header Length (4 bits) 5 (20)</li> <li>Differentiated Services Field DSCP=0x00 (Default) ECN=0x00 (Non ECN-Capable Transport, Non-ECT)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)</li> <li>.... 00 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Total Length (2 bytes) 92</li> <li>Identification (2 bytes) 0x38DA</li> <li>Fragmentation Flags (3 bits) 000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)</li> <li>Fragment offset (13 bits) 0</li> <li>Time to Live (1 byte) 128</li> <li>Protocol (1 byte) ICMP (1)</li> <li>Checksum (2 bytes) 0x904A (Correct)</li> <li>Source IP address (4 bytes) 192.168.120.2</li> </ul>	
0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00 .....0..E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8 .\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1 x).....8.
0x0030	B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00 .....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00 .....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00 .....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00 .....

Fuente: Elaboración propia

La función principal de la notificación de congestión explícita es mantener la comunicación sin dejar caer paquetes a pesar que la red se encuentre congestionada.

### Gráfico 160. Largo total

Interface ID: 0 (Conexión de área local)		
Ethernet II (14 bytes)		
Destination Ethernet Address (6 bytes)	00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)	
Source Ethernet Address (6 bytes)	90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)	
Protocol (2 bytes)	IPv4 (0x0800)	
Internet Protocol Version 4 (IPV4) (20 bytes)		
Version (4 bits)	4	
Header Length (4 bits)	5 (20)	
Differentiated Services Field DSCP=0x00 (Default) ECN=0x00 (Non ECN-Capable Transport, Non-ECT)		
0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)		
.... 00 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT		
Total Length (2 bytes)	92	
Identification (2 bytes)	0x38DA	
Fragmentation Flags (3 bits)	000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)	
Fragment offset (13 bits)	0	
Time to Live (1 byte)	128	
Protocol (1 byte)	ICMP (1)	
Checksum (2 bytes)	0x904A (Correct)	
Source IP address (4 bytes)	192.168.120.2	
0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00	.....0..E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8	.\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1	x).....8.
0x0030	B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00	.....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00	.....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00	.....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00	.....

**Fuente: Elaboración propia**

Con respecto al largo total de la trama, esta alcanza 92 bytes de peso, sin embargo, la representación decimal de este valor es de 2 bytes, como vemos en el gráfico 160.

### Gráfico 161. Identificación

Interface ID: 0 (Conexión de área local)	
Ethernet II (14 bytes)	
Destination Ethernet Address (6 bytes)	00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)
Source Ethernet Address (6 bytes)	90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)
Protocol (2 bytes)	IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4 (IPv4) (20 bytes)	
Version (4 bits)	4
Header Length (4 bits)	5 (20)
Differentiated Services Field DSCP=0x00 (Default) ECN=0x00 (Non ECN-Capable Transport, Non-ECT)	
0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)	
.... 00 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT	
Total Length (2 bytes)	92
Identification (2 bytes)	0x38DA
Fragmentation Flags (3 bits) 000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)	
Fragment offset (13 bits)	0
Time to Live (1 byte)	128
Protocol (1 byte)	ICMP (1)
Checksum (2 bytes)	0x904A (Correct)
Source IP address (4 bytes)	192.168.120.2

```

}x0000  00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00  .....0..E.
}x0010  00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8  .\8.....J..X...
}x0020  78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1  x).....8.
}x0030  B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00  .....
}x0040  00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00  .....
}x0050  00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00  .....
}x0060  00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00  .....
    
```

**Fuente:** Elaboración propia

La identificación del protocolo IPv4 en la trama tiene un peso de 2 bytes, en él se representa el número hexadecimal 0x38DA, como se ve en el gráfico 161.

## Gráfico 162. Fragmentación IP

Interface ID: 0 (Conexión de área local)	
Ethernet II (14 bytes)	
Destination Ethernet Address (6 bytes)	00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)
Source Ethernet Address (6 bytes)	90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)
Protocol (2 bytes)	IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4 (IPV4) (20 bytes)	
Version (4 bits)	4
Header Length (4 bits)	5 (20)
Differentiated Services Field DSCP=0x00 (Default) ECN=0x00 (Non ECN-Capable Transport, Non-ECT)	
0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)	
.... 000 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT	
Total Length (2 bytes)	92
Identification (2 bytes)	0x38DA
Fragmentation Flags (3 bits)	000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)
Fragment offset (13 bits)	0
Time to Live (1 byte)	128
Protocol (1 byte)	ICMP (1)
Checksum (2 bytes)	0x904A (Correct)
Source IP address (4 bytes)	192.168.120.2
0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00 .....0..E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8 ..\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1 x).....8.
0x0030	B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00 .....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00 .....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00 .....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00 .....

Fuente: Elaboración propia

La fragmentación IP es una técnica utilizada para fragmentar los datagramas IP en fragmentos de menor tamaño. Ya que dichos datagramas viajan constantemente de un lugar a otro por distintos tipos de redes, estos pueden variar de tamaño dependiendo del medio físico que se esté utilizando para transmitir por ende este procedimiento se hace necesario.

El campo de identificación y los campos de offset (Fragment) así como los indicadores (“flags”) Don’t Fragment y More Fragment que podemos observar en el encabezado en el encabezado del protocolo IP de la gráfica 162, se utilizan para fragmentar y re ensamblar los datagramas IP transmitidos.

El objetivo de fragmentar los paquetes IP es ocultar la infraestructura IP para las capas superiores planteando la implementación de protocolos independientemente del hardware utilizado.

### Gráfico 163. Tiempo de vida

Interface ID: 0 (Conexión de área local)	
Ethernet II (14 bytes)	
Destination Ethernet Address (6 bytes)	00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)
Source Ethernet Address (6 bytes)	90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)
Protocol (2 bytes)	IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4 (IPV4) (20 bytes)	
Version (4 bits)	4
Header Length (4 bits)	5 (20)
Differentiated Services Field DSCP=0x00 (Default) ECN=0x00 (Non ECN-Capable Transport, Non-ECT)	
0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)	
.... ..00 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT	
Total Length (2 bytes)	92
Identification (2 bytes)	0x38DA
Fragmentation Flags (3 bits)	000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)
Fragment offset (13 bits)	0
Time to Live (1 byte)	128
Protocol (1 byte)	ICMP (1)
Checksum (2 bytes)	0x904A (Correct)
Source IP address (4 bytes)	192.168.120.2

0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00	.....0..E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8	.\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1	x).....8.
0x0030	B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00	.....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00	.....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00	.....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00	.....

**Fuente: Elaboración propia**

El Time to Live o Tiempo de Vida que tiene un peso de 8 bits, le indica a la red el número de saltos entre router que el paquete que se envió puede cruzar. Este valor se decrementa en cada salto en uno hasta llegar a cero, después se descarta. La función principal es evitar bucles de red ya que opera a nivel en capa de red.

### Gráfico 164. Protocolo ICMP

Interface ID: 0 (Conexión de área local)		
Ethernet II (14 bytes)		
Destination Ethernet Address (6 bytes)	00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)	
Source Ethernet Address (6 bytes)	90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)	
Protocol (2 bytes)	IPv4 (0x0800)	
Internet Protocol Version 4 (IPV4) (20 bytes)		
Version (4 bits)	4	
Header Length (4 bits)	5 (20)	
Differentiated Services Field DSCP=0x00 (Default) ECN=0x00 (Non ECN-Capable Transport, Non-ECT)		
0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)		
.... 000 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT		
Total Length (2 bytes)	92	
Identification (2 bytes)	0x38DA	
Fragmentation Flags (3 bits)	000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)	
Fragment offset (13 bits)	0	
Time to Live (1 byte)	128	
Protocol (1 byte)	ICMP (1)	
Checksum (2 bytes)	0x904A (Correct)	
Source IP address (4 bytes)	192.168.120.2	
0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00	.....0..E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8	.\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1	x).....8.
0x0030	E2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00	.....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00	.....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00	.....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00	.....

**Fuente: Elaboración propia**

El protocolo indica la capa de red en el host de destino, para indica a que protocolo pertenece el paquete, se identifica con un número decimal 1 para ICMP, en el caso de TCP y UDP se identifican con los numero 6 y 17 respectivamente.

### Gráfico 165. Cheksum

Interface ID: 0 (Conexión de área local)	
Ethernet II (14 bytes)	
Destination Ethernet Address (6 bytes)	00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)
Source Ethernet Address (6 bytes)	90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)
Protocol (2 bytes)	IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4 (IPV4) (20 bytes)	
Version (4 bits)	4
Header Length (4 bits)	5 (20)
Differentiated Services Field DSCP=0x00 (Default) ECN=0x00 (Non ECN-Capable Transport, Non-ECT)	
0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)	
.....00 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT	
Total Length (2 bytes)	92
Identification (2 bytes)	0x38DA
Fragmentation Flags (3 bits)	000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)
Fragment offset (13 bits)	0
Time to Live (1 byte)	128
Protocol (1 byte)	ICMP (1)
Checksum (2 bytes)	0x904A (Correct)
Source IP address (4 bytes)	192.168.120.2
<pre> 0x0000  00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00  .....0..E. 0x0010  00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8  .\8.....J..x... 0x0020  78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1  x).....8. 0x0030  B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00  ..... 0x0040  00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00  ..... 0x0050  00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00  ..... 0x0060  00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00  .....                 </pre>	

### Fuente Elaboración propia

Un check sum o suma de comprobación es básicamente un valor que se calcula a partir del paquete de datos para comprobar su integridad. Al referirme a integridad quiero decir una comprobación de si los datos recibidos están libres de errores o no. Esto se debe a que mientras viaja por la red un paquete de datos puede corromperse y tiene que ver una manera en el extremo receptor de saber que los datos están dañados o no. Esta es la razón que se agrega un check sum al encabezado. El lado de origen, la suma de comprobación se calcula y se establece como un campo. En el lado de destino, la suma de comprobación se calcula y se comprueba de nuevo con el valor de suma de comprobación existente en el encabezado para ver si el paquete de datos esta correcto o no.

### Gráfico 166. Dirección IP de origen

Ethernet II (14 bytes)		
• Destination Ethernet Address (6 bytes)		00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)
• Source Ethernet Address (6 bytes)		90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)
• Protocol (2 bytes)		IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4 (IPv4) (20 bytes)		
• Version (4 bits)		4
• Header Length (4 bits)		5 (20)
• Differentiated Services Field DSCP=0x00 (Default) ECN=0x00 (Non ECN-Capable Transport, Non-ECT)		
• 0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)		
• .... 00 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT		
• Total Length (2 bytes)		92
• Identification (2 bytes)		0x38DA
• Fragmentation Flags (3 bits)		000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)
• Fragment offset (13 bits)		0
• Time to Live (1 byte)		128
• Protocol (1 byte)		ICMP (1)
• Checksum (2 bytes)		0x904A (Correct)
• Source IP address (4 bytes)		192.168.120.2
• Destination IP address (4 bytes)		192.168.120.41
0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00	.....0.E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8	.\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1	x).....8.
0x0030	B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00	.....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00	.....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00	.....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00	.....

**Fuente:** Elaboración propia

La dirección de origen del remitente ocupa 32 bits o 4 bytes del datagrama, como se observa en la gráfica 166.

### Gráfico 167. Dirección IP de destino

```

    • Destination Ethernet Address (6 bytes)          00:09:8E:FA:80:EF (ipcas GmbH) (192.168.120.41)
    • Source Ethernet Address (6 bytes)             90:FB:A6:03:A2:30 (Hon Hai Precision Ind.Co.Ltd) (192.168.120.2)
    • Protocol (2 bytes)                            IPv4 (0x0800)
  4 [IP] Internet Protocol Version 4 (IPv4) (20 bytes)
    • Version (4 bits)                              4
    • Header Length (4 bits)                         5 (20)
  4 Differentiated Services Field DSCP=0x00 (Default) ECN=0x00 (Non ECN-Capable Transport, Non-ECT)
    • 0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)
    • .... 00 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT
    • Total Length (2 bytes)                         92
    • Identification (2 bytes)                       0x38DA
    [X] Fragmentation Flags (3 bits)                 000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)
    • Fragment offset (13 bits)                     0
    • Time to Live (1 byte)                          128
    • Protocol (1 byte)                              ICMP (1)
    • Checksum (2 bytes)                             0x904A (Correct)
    • Source IP address (4 bytes)                    192.168.120.2
    • Destination IP address (4 bytes)                192.168.120.41
  ▸ • Internet Control Message Protocol (ICMP)
  0x0000  00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00  .....0..E.
  0x0010  00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8  .\8.....J..x...
  0x0020  78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1  x).....8.
  0x0030  B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00  .....
  0x0040  00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00  .....
  0x0050  00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00  .....
  0x0060  00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00  .....
  
```

**Fuente: Elaboración propia**

La dirección de destino del receptor ocupa 32 bits o 4 bytes del datagrama. Como vemos en la gráfica 167.

**Gráfico 168. Tipo de mensaje ICMP**

0000 00..	= Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)	
.....00	= Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT	
Total Length (2 bytes)	92	
Identification (2 bytes)	0x38DA	
Fragmentation Flags (3 bits)	000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)	
Fragment offset (13 bits)	0	
Time to Live (1 byte)	128	
Protocol (1 byte)	ICMP (1)	
Checksum (2 bytes)	0x904A (Correct)	
Source IP address (4 bytes)	192.168.120.2	
Destination IP address (4 bytes)	192.168.120.41	
<b>Internet Control Message Protocol (ICMP)</b>		
Type of message (1 byte)	Echo Request (8)	
Code (1 byte)	0	
Checksum (2 bytes)	0x1613	
Identifier (2 bytes)	0x0400	
Sequence Number (2 bytes)	0xB08F	
Data (64 bytes)		
0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00	.....0..E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8	.\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1	x).....8.
0x0030	B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00	.....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00	.....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00	.....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00	.....

**Fuente:** Elaboración propia

Con respecto al bloque ICMP primero tenemos el identificador de tipo de mensaje el cual indica el mensaje Echo Request o petición de Eco bidireccional, el numero 8 indica que para solicitar una petición de eco se utilizó el comando ping.

**Gráfico 169. Código**

```

    0 0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)
    0 .... 00 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT
    Total Length (2 bytes)                92
    Identification (2 bytes)              0x38DA
    Fragmentation Flags (3 bits)          000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)
    Fragment offset (13 bits)             0
    Time to Live (1 byte)                 128
    Protocol (1 byte)                     ICMP (1)
    Checksum (2 bytes)                    0x904A (Correct)
    Source IP address (4 bytes)           192.168.120.2
    Destination IP address (4 bytes)      192.168.120.41
    Internet Control Message Protocol (ICMP)
    Type of message (1 byte)              Echo Request (8)
    Code (1 byte)                          0
    Checksum (2 bytes)                    0x1613
    Identifier (2 bytes)                  0x0400
    Sequence Number (2 bytes)            0xB08F
    Data (64 bytes)

0x0000  00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00  .....0..E.
0x0010  00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8  .\8.....J..x...
0x0020  78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1  x).....8.
0x0030  B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00  .....
0x0040  00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00  .....
0x0050  00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00  .....
0x0060  00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00  .....

```

**Fuente: Elaboración propia**

El código nos indica “0”, lo que significa que efectivamente se produjo un “echo reply” o eco de respuesta usando el comando ping, como podemos observar en la gráfica 169.

**Gráfico 170. Chek sum ICMP**

0000 00..	= Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)	
.... ..00	= Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT	
Total Length (2 bytes)		92
Identification (2 bytes)		0x38DA
Fragmentation Flags (3 bits)		000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)
Fragment offset (13 bits)		0
Time to Live (1 byte)		128
Protocol (1 byte)		ICMP (1)
Checksum (2 bytes)		0x904A (Correct)
Source IP address (4 bytes)		192.168.120.2
Destination IP address (4 bytes)		192.168.120.41
Internet Control Message Protocol (ICMP)		
Type of message (1 byte)		Echo Request (8)
Code (1 byte)		0
Checksum (2 bytes)		0x1613
Identifier (2 bytes)		0x0400
Sequence Number (2 bytes)		0xB08F
Data (64 bytes)		

0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00	.....0..E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8	.\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1	x).....8.
0x0030	B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00	.....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00	.....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00	.....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00	.....

**Fuente: Elaboración propia**

Al igual que en el caso bloque anterior el check sum o suma de comprobación de datos, calculados a partir de la cabecera y los datos ICMP, se verifican tanto en la cabecera del emisor como el receptor.

### Gráfico 171. Identificador

0000 00.. = Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)	
.....00 = Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT	
Total Length (2 bytes)	92
Identification (2 bytes)	0x38DA
Fragmentation Flags (3 bits)	000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)
Fragment offset (13 bits)	0
Time to Live (1 byte)	128
Protocol (1 byte)	ICMP (1)
Checksum (2 bytes)	0x904A (Correct)
Source IP address (4 bytes)	192.168.120.2
Destination IP address (4 bytes)	192.168.120.41
Internet Control Message Protocol (ICMP)	
Type of message (1 byte)	Echo Request (8)
Code (1 byte)	0
Checksum (2 bytes)	0x1613
Identifier (2 bytes)	0x0400
Sequence Number (2 bytes)	0xB08F
Data (64 bytes)	

0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00	.....0..E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8	.\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1	x).....8.
0x0030	B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00	.....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00	.....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00	.....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00	.....

Fuente: Elaboración propia

El identificador y el número de secuencia pueden ser utilizados por el cliente para que coincidan tanto la petición como la respuesta, tal cual se comentó anteriormente.

Gráfico 172. Número de secuencia

0000 00..	= Differentiated Services Code Point: 0x00 (Default)
.... 000	= Explicit Congestion Notification: Non ECN-Capable Transport, Non-ECT
Total Length (2 bytes)	92
Identification (2 bytes)	0x38DA
Fragmentation Flags (3 bits)	000 (Don't Fragment: off, More Fragments: off)
Fragment offset (13 bits)	0
Time to Live (1 byte)	128
Protocol (1 byte)	ICMP (1)
Checksum (2 bytes)	0x904A (Correct)
Source IP address (4 bytes)	192.168.120.2
Destination IP address (4 bytes)	192.168.120.41
Internet Control Message Protocol (ICMP)	
Type of message (1 byte)	Echo Request (8)
Code (1 byte)	0
Checksum (2 bytes)	0x1613
Identifier (2 bytes)	0x0400
Sequence Number (2 bytes)	0xB08F
Data (64 bytes)	

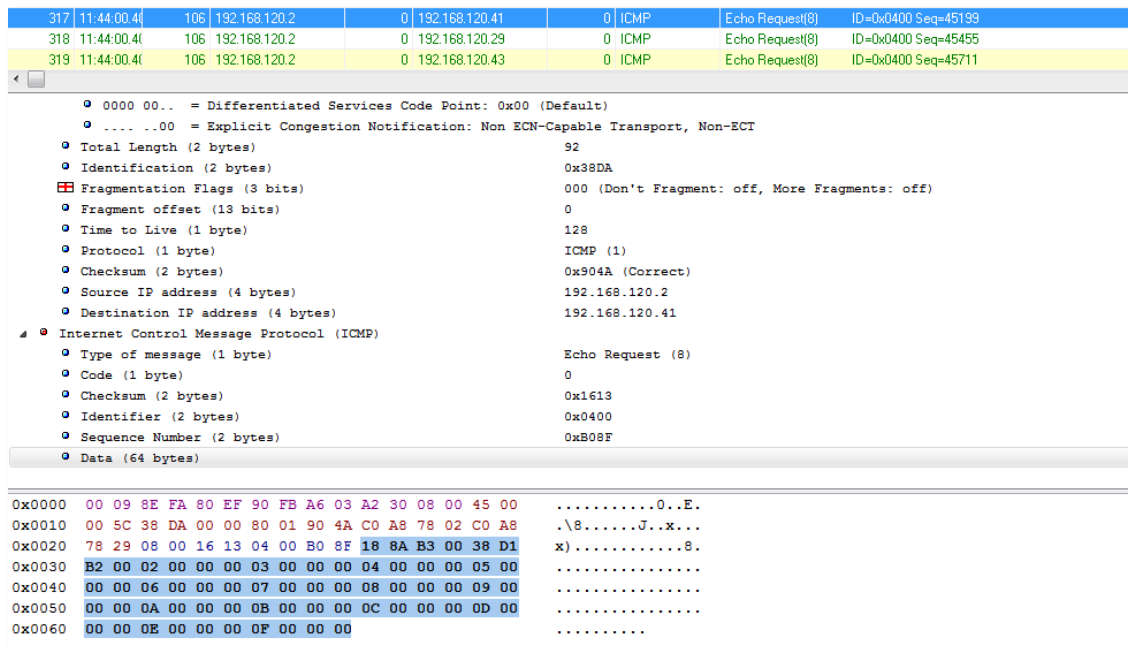
  

0x0000	00 09 8E FA 80 EF 90 FB A6 03 A2 30 08 00 45 00	.....0..E.
0x0010	00 5C 38 DA 00 00 80 01 90 4A C0 A8 78 02 C0 A8	.\8.....J..x...
0x0020	78 29 08 00 16 13 04 00 B0 8F 18 8A B3 00 38 D1	x).....8.
0x0030	B2 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00 05 00	.....
0x0040	00 00 06 00 00 00 07 00 00 00 08 00 00 00 09 00	.....
0x0050	00 00 0A 00 00 00 0B 00 00 00 0C 00 00 00 0D 00	.....
0x0060	00 00 0E 00 00 00 0F 00 00 00	.....

Fuente: Elaboración propia



### Gráfico 173. Dato



Fuente: Elaboración propia

Finalmente tenemos 64 bytes que representan el dato propiamente dicho, como vemos en el gráfico 173.

#### 4. Análisis de paquetes de la red de RTU de SCADA

Al igual como procedimos a analizar la red de relés de protección, de igual forma ahora procederé analizar la red de RTU del sistema SCADA cuya red es la 100.10.20.0, las pruebas se realizaron desde la tarjeta de red del servidor SCADA Principal, obteniendo la siguiente tabla de direcciones:

Tabla 45. Relación de direcciones IP de las RTU

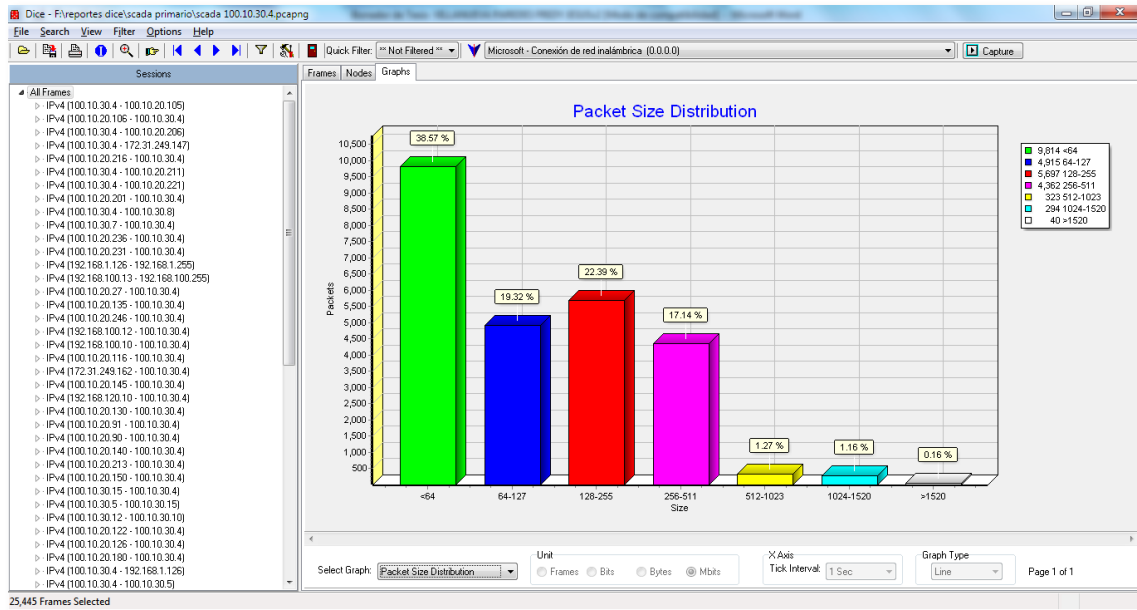
Subestación	Dirección IP
-------------	--------------

RTU_OCOÑA	192.168.125.35
RTU_CARAV	192.168.125.3
RTU_PI_3354-GTS- MAJES/COCACH/MEJIA	192.168.120.10
RTU_I_REPAR	192.168.85.21
RTU_JES_138	192.168.78.7
RTU_ATICO	172.31.250.16
RTU_MARCO	172.31.249.178
RTU_CHUQU	172.31.249.162
RTU_BUNIO	172.31.249.147
RTU_MAJES	100.10.20.246
RTU_SLAZA	100.10.20.236
RTU_CNORT	100.10.20.231
RTU_CHALL	100.10.20.221
RTU_CHILI	100.10.20.216
RTU_SOC138	100.10.20.213
RTU_I_SOCAB	100.10.20.211
RTU_I_MOLLE	100.10.20.206
RTU_JESUS	100.10.20.201
RTU_CHARCANI	100.10.20.190
RTU_LACUR	100.10.20.180
RTU_CORIRE	100.10.20.150
RTU_ACAYM	100.10.20.145

RTU_PLAMB	100.10.20.140
RTU_RPLAZ	100.10.20.135
RTU_PORON	100.10.20.130
RTU_ALIMA	100.10.20.126
RTU_MOLLE	100.10.20.122
RTU_CAMAN	100.10.20.116
RTU_ABB_PIND	100.10.20.106
RTU_I_PINDU	100.10.20.105
RTU_SOCAB_TIABA	100.10.20.91
RTU_TIABA	100.10.20.90
RTU_PINDU	100.10.20.27
RTU_PINDUS	100.10.20.102
RTU_I_JESUS	100.10.20.200
RTU_I_PAUCA	100.10.20.226
RTU_CALLA	172.31.249.134

**Fuente: Elaboración propia**

**Gráfico 174. Distribución de tamaños de paquetes de la red RTU.**

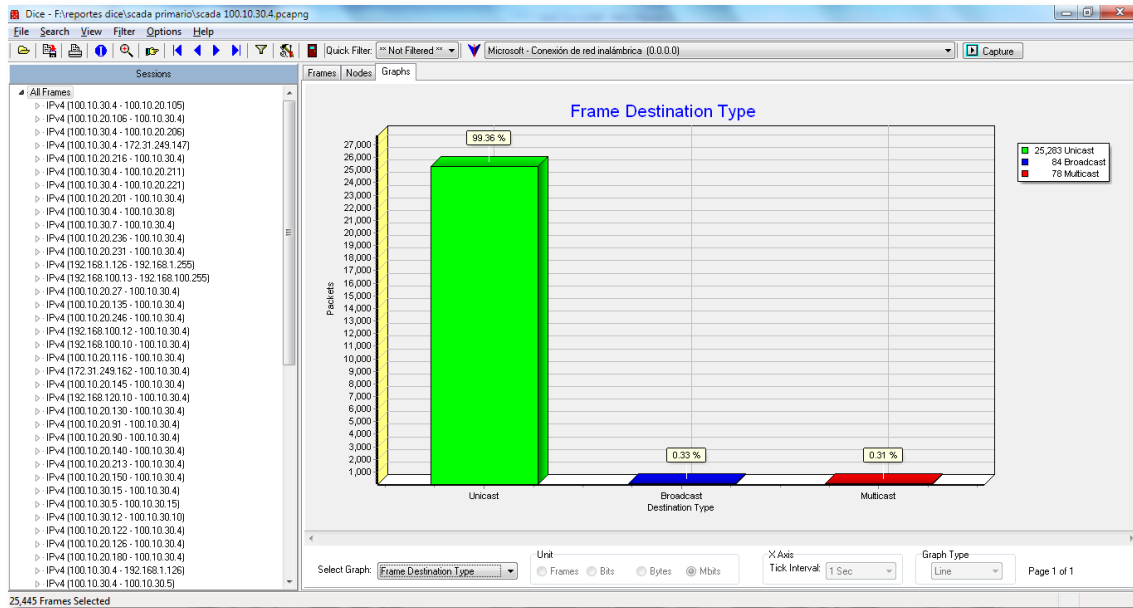


**Fuente: Elaboración propia**

La distribución del tamaño de paquetes se da de acuerdo al peso que estos tienen durante la transmisión de información.

Como podemos apreciar en la gráfica 174, el 38.57% de paquetes transmitidos tienen un peso menor a 64 bytes, un 19.32 % tiene un peso de entre 64 a 127 bytes, el 22.39 % tiene un peso de entre 128 a 255 bytes, 1.27% tiene un peso de entre 512 a 1023bytes y paquetes mayores a 1520 bytes solo fueron el 0.16 %.

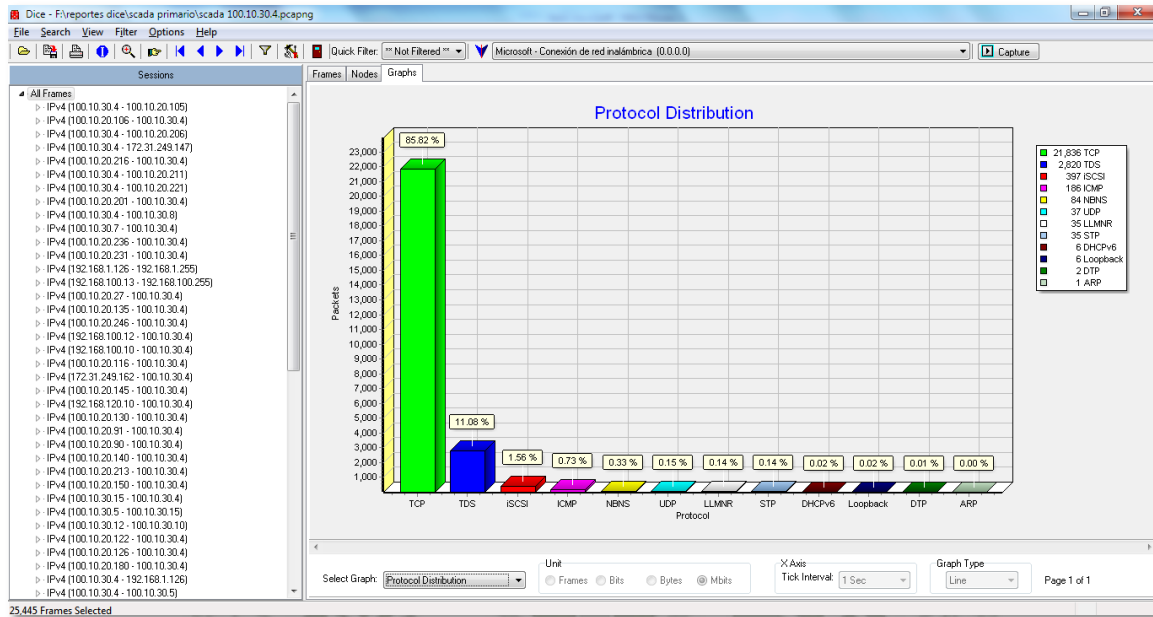
**Gráfico 175. Distribución de tipo de paquete de la red RTU.**



**Fuente: Elaboración propia**

Como vimos anteriormente, la difusión de los paquetes en la red básicamente es de tipo Unicast, es decir, el envío de información desde un único emisor a su único receptor de forma bidireccional.

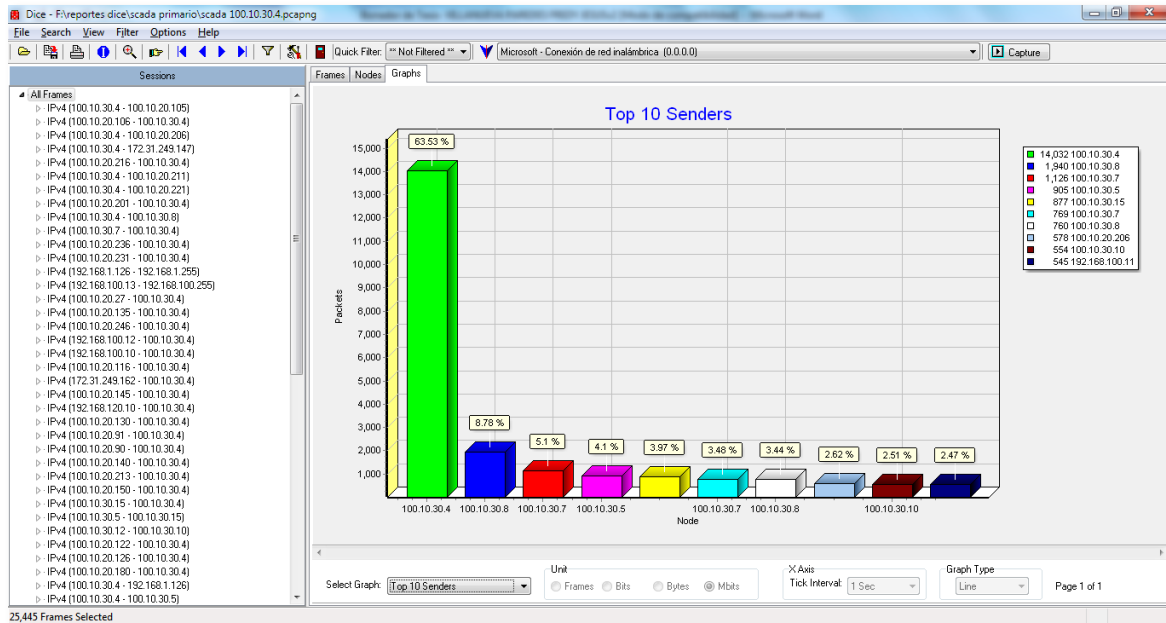
**Gráfico 176. Distribución de protocolos de la red RTU**



**Fuente: Elaboración propia**

El 85.82% del total de paquetes se da a través de TCP, lo cual es lógico porque si recordamos la comunicación entre los relés de protección hacia la RTU y de la RTU hacia el SCADA es DNP3 y IEC 104 sobre TCP respectivamente, a esto le agregamos la comunicación directa hacia la red de los puertos de gestión de los relés de protección la cual es puramente TCP/IP.

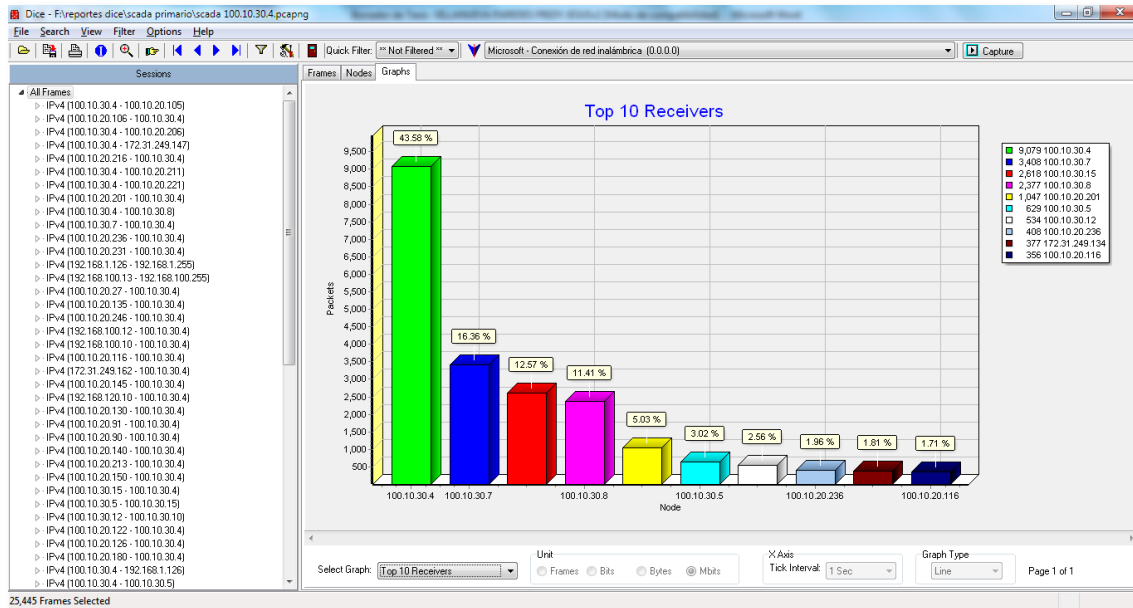
### Gráfico 177. Top 10 de remitentes



**Fuente:** Elaboración propia

El 63.53% de envío de datagramas se da a través de la interface de red del Servidor SCADA Principal, el resto se da entre el Servidor SCADA Secundario, el ICCP 1 e ICCP2.

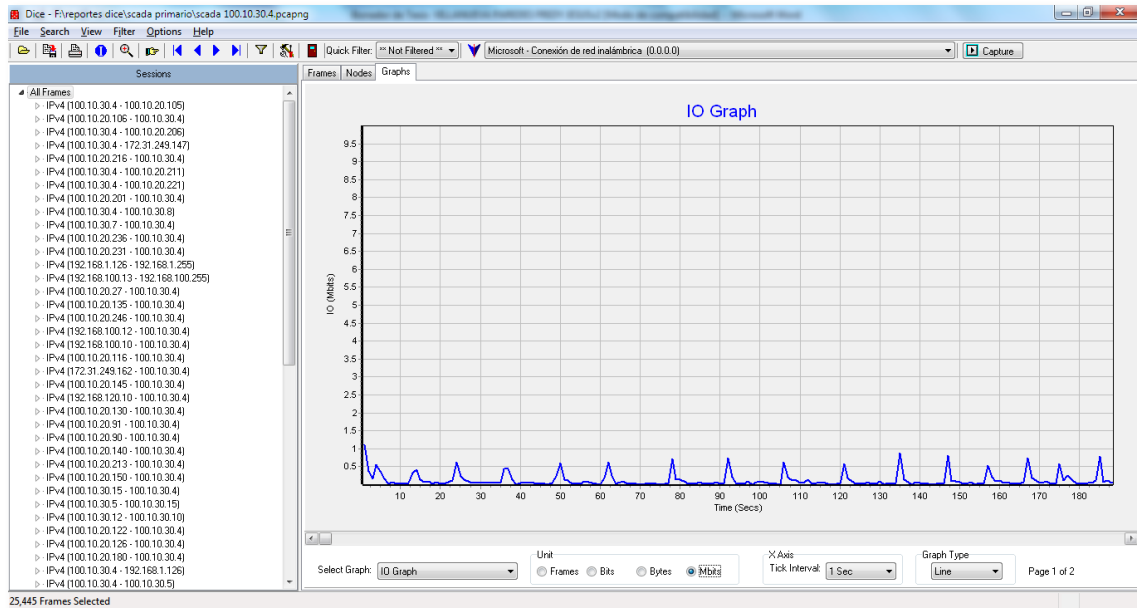
**Gráfico 178. Top 10 receptores**



**Fuente: Elaboración propia**

Puesto que las RTU reportan como maestro al servidor SCADA Principal, los mayores retornos de paquetes se dan justamente hacia dicho host en la red.

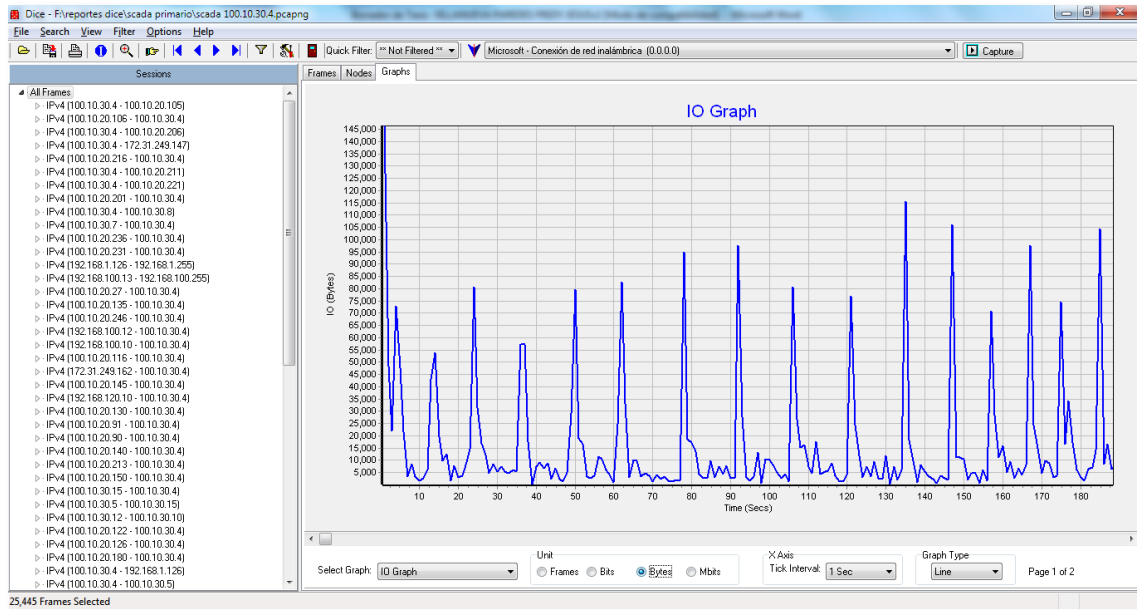
### Gráfico 179. Ancho de banda en Mbps



**Fuente: Elaboración propia**

Como vemos la transmisión de datos desde la RTU hacia el Servidor SCADA ocupa un ancho de banda de aproximadamente 1.2 Mbps, que se distribuyen entre señales analógicas y digitales, como se puede apreciar en la gráfica 179.

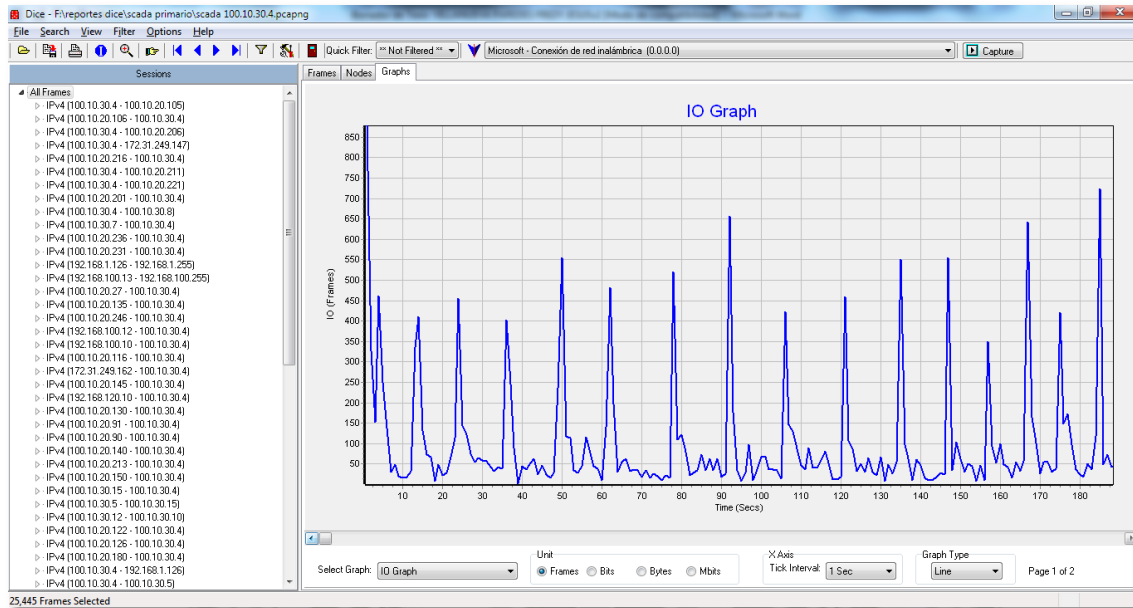
### Gráfico 180. Ancho de banda en Bps



**Fuente: Elaboración propia**

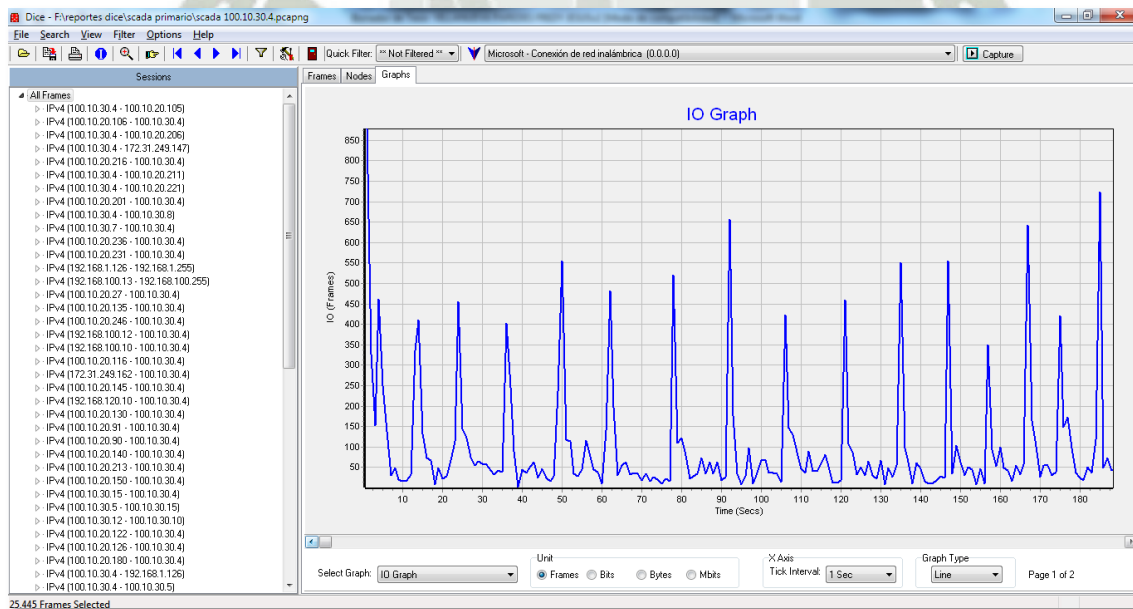
De igual manera, en el grafico 180, apreciamos en ancho de banda en Bps.

Gráfico 181. Datagramas por segundo



Fuente: Elaboración propia

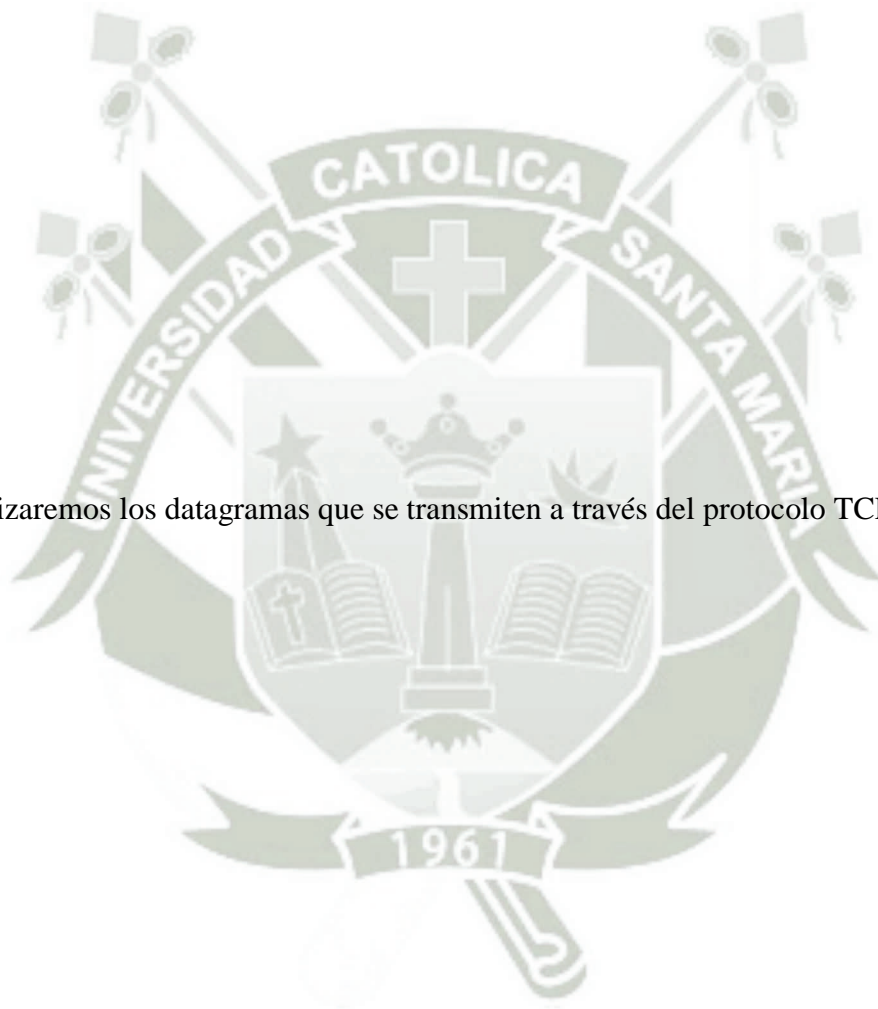
Gráfico 182. Datagramas por segundo



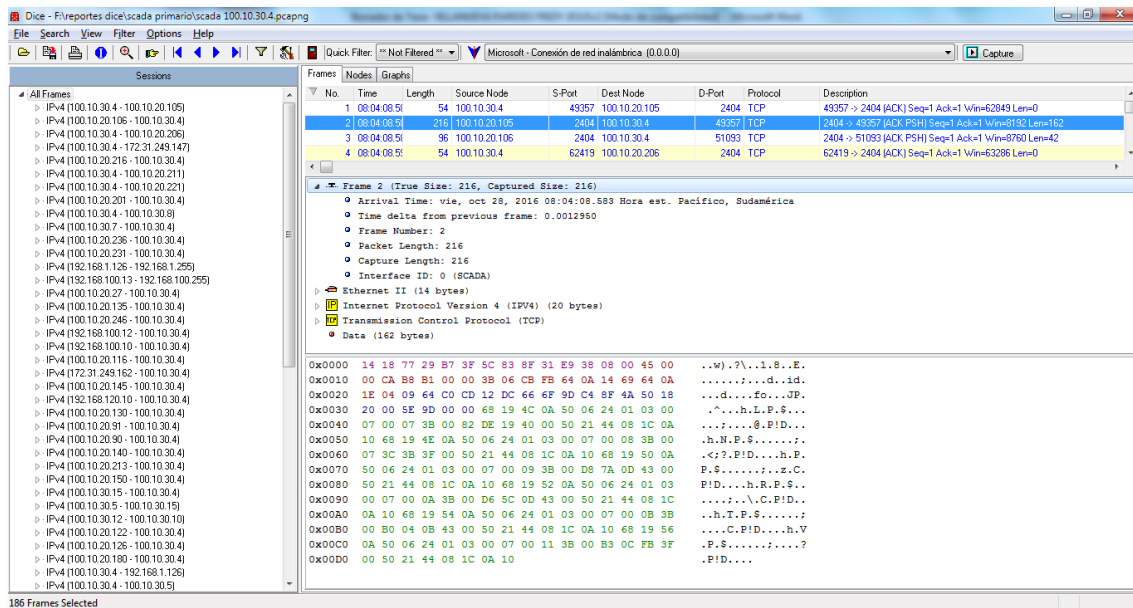
Fuente: Elaboración propia

El intercambio de paquetes por segundo se muestra en la figura 182.

Ahora analizaremos los datagramas que se transmiten a través del protocolo TCP



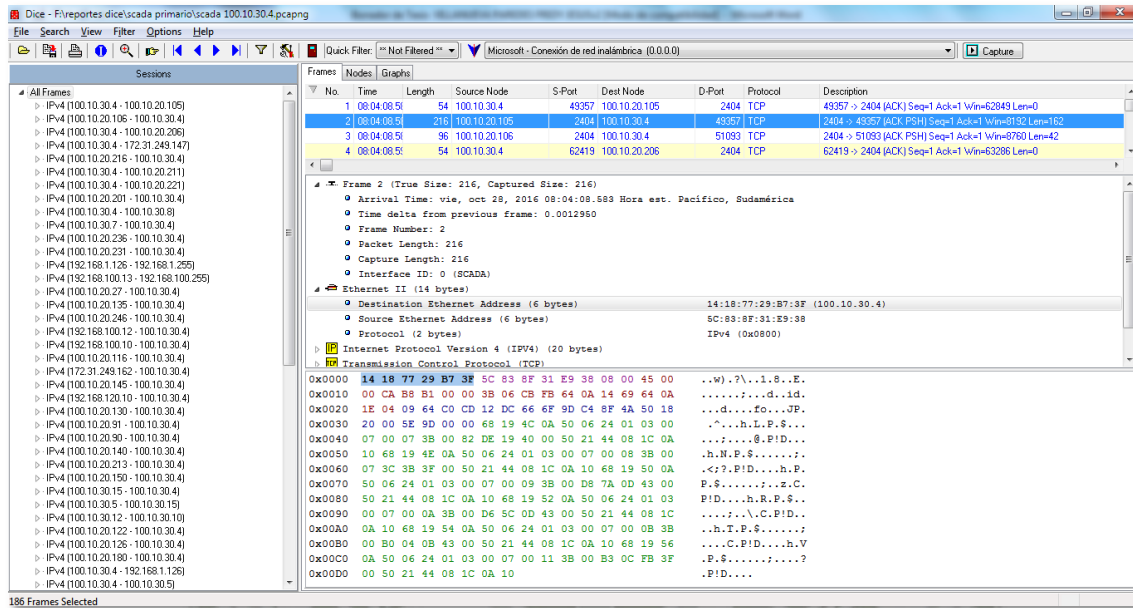
### Gráfico 183. Parámetros del datagrama TCP



Fuente: Elaboración propia

Como vimos en los anteriores casos, el datagrama contiene en el primer segmento, datos como por ejemplo la fecha y hora de llegada, el tiempo delta o la diferencia de tiempo entre el envío del anterior paquete, el número de paquetes, la longitud y la tarjeta de red desde donde se envió el paquete. Tal y como podemos apreciar en la gráfica 183.

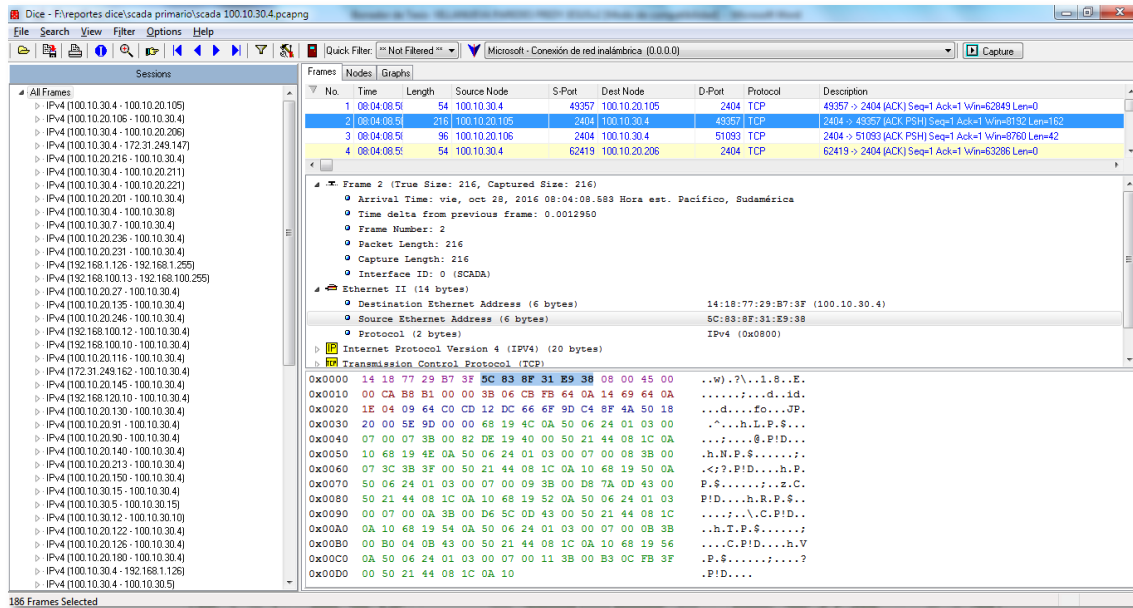
**Gráfico 184. Dirección Ethernet de destino en TCP.**



**Fuente: Elaboración propia**

La dirección MAC de destino especifica al host receptor, dicha dirección tiene un peso de 48bits, tal como observamos en la gráfica 184.

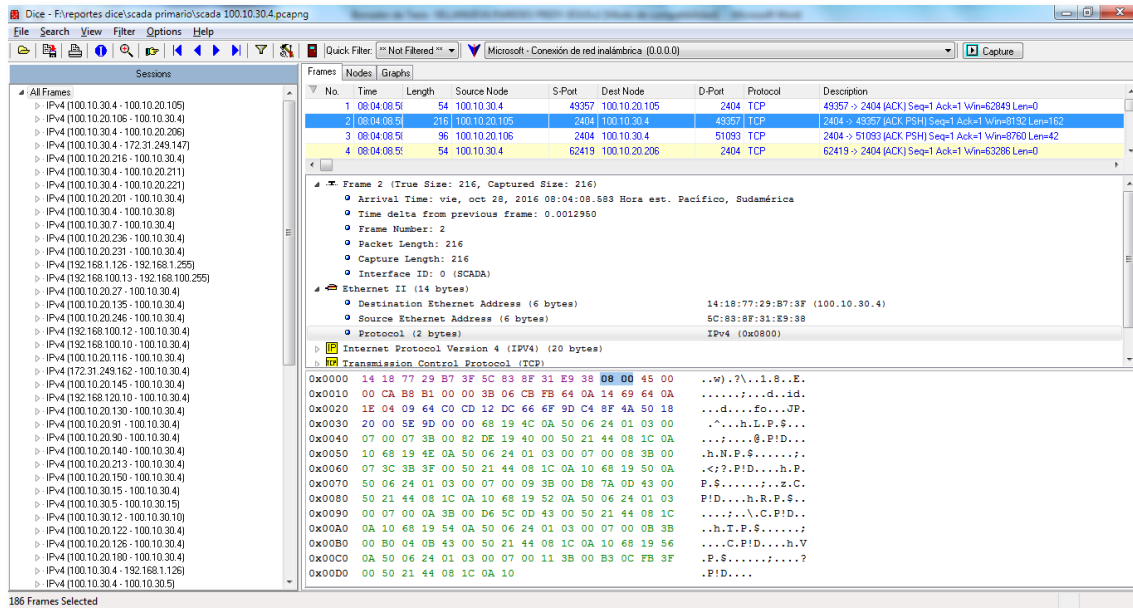
### Gráfico 185. Dirección Ethernet fuente en TCP



Fuente: Elaboración propia

De igual manera que en el caso anterior la dirección MAC de fuente se especifica en el datagrama sobre 6 bytes del total del paquete (20 bytes) como se puede apreciar en la gráfica 185.

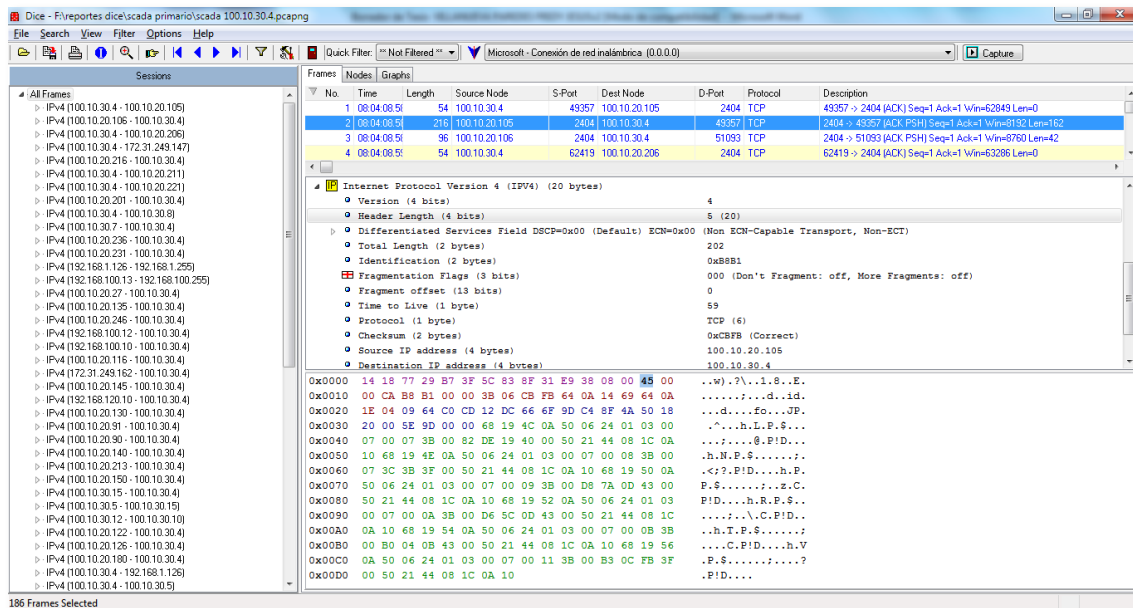
### Gráfico 186. Protocolo IPv4



**Fuente: Elaboración propia**

El protocolo IPv4 se encuentra también definido en el datagrama, éste está representado por el valor hexadecimal 0x0800 con un peso de 16 bits.

### Gráfico 187. Protocolo de internet versión 4 en TCP

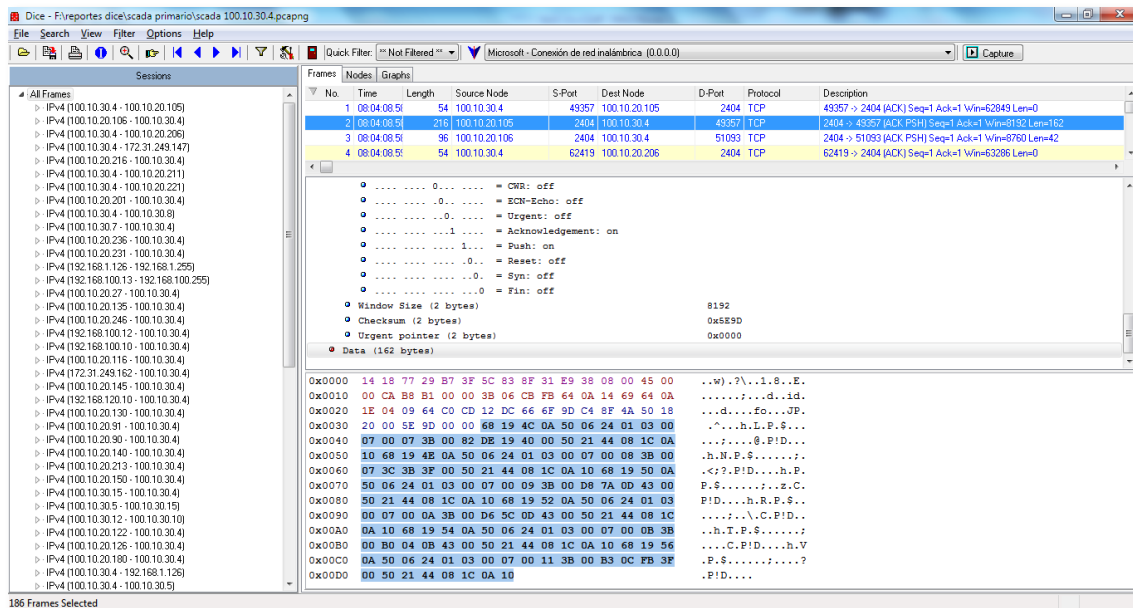


**Fuente: Elaboración propia**

En esta sección del datagrama encontramos parámetros característicos del protocolo IPv4, como son la versión correspondiente, la longitud del encabezado, los servicios diferenciados, el total del encabezado, así como el valor de identificación para IPv4 el cual es 0x B8B.

Además, encontramos parámetros referentes a las banderas de fragmentación, tal y como se describió en el caso anterior.

### Gráfico 188. Dato TCP

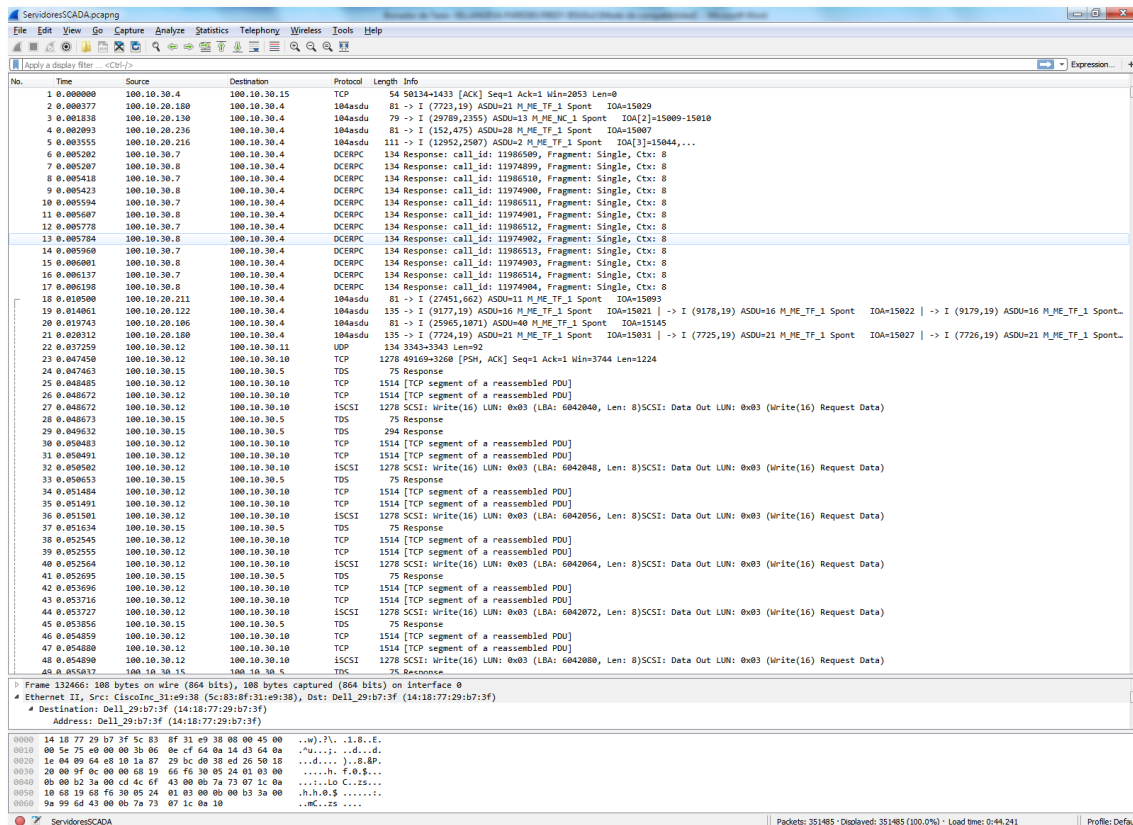


**Fuente: Elaboración propia**

El dato propiamente dicho se encuentra al final del datagrama y está representado por 162 bytes del total del paquete.

Mediante la aplicación Wireshark se procedió a analizar el tráfico y características de los paquetes, así como el ancho de banda utilizado por la red de RTU, los resultados se muestran a continuación:

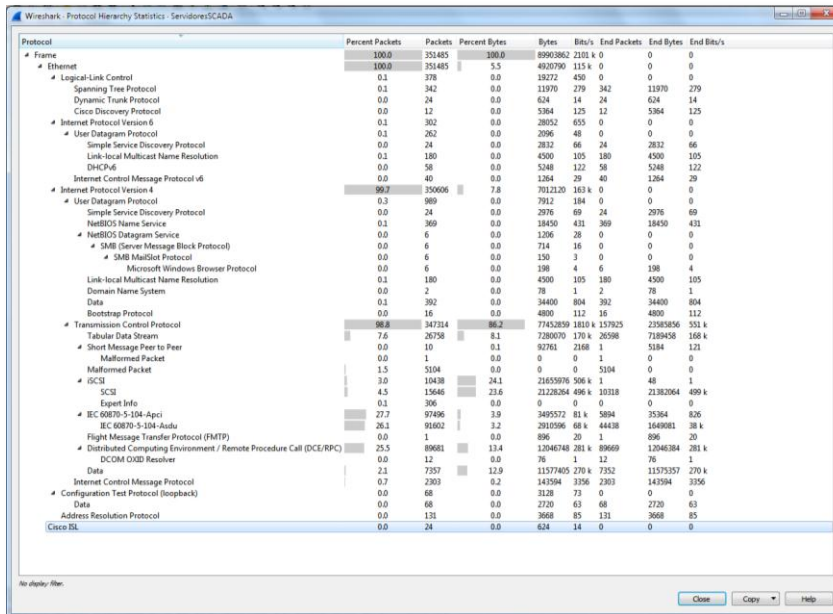
### Gráfico 189. Análisis Wireshark de la red SCADA



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 189. Podemos apreciar el análisis que se hizo a la red de RTU desde el servidor principal del sistema SCADA de la empresa, tomando como parámetros el tiempo delta entre paquetes, el host de fuente y el host de destino, así como la variedad de protocolos, en los que destaco 104asdu, el cual es el protocolo nativo de comunicación entre las RTU en campo y el software PCVue SCADA de SEAL.

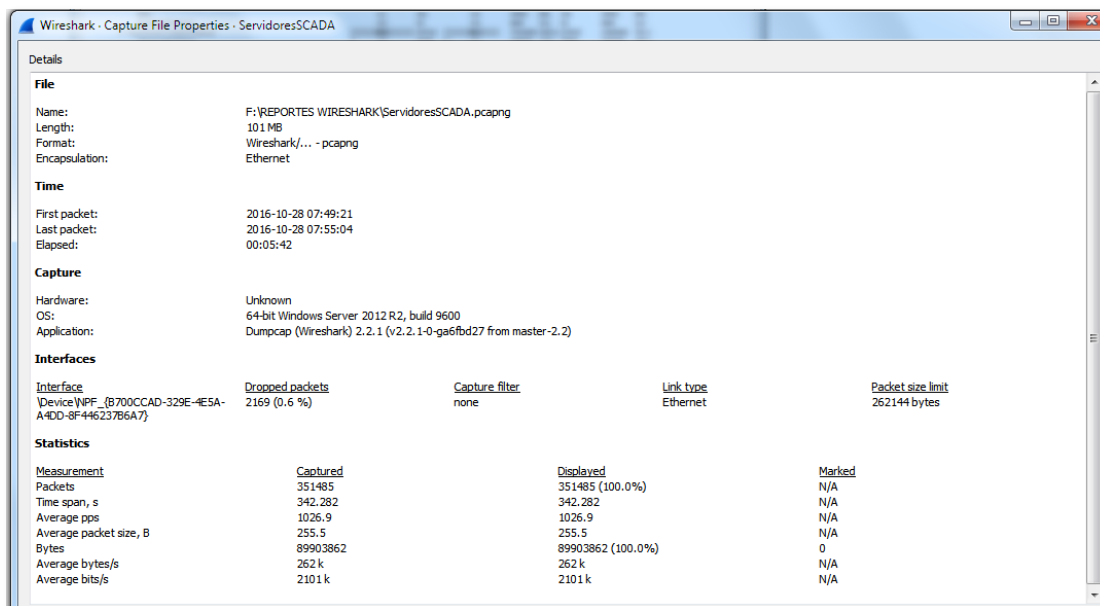
**Gráfico 190. Estadística jerárquica de protocolos.**



**Fuente: Elaboración propia**

En la gráfica 190 apreciamos la distribución estadística de los datagramas que circulan en la red de acuerdo a su jerarquía, en ella se establecen parámetros como el porcentaje de paquetes enviados, el número de paquetes, los bytes transportados así como el ancho de banda utilizado, sin embargo aquí hay un punto a resaltar y es el tráfico mediante el protocolo Spanning Tree el cual es significativamente bajo, lo que nos indica que evidentemente el protocolo no se encuentra activado en la red, lo cual podría ser una de las causas del variado congestionamiento del ancho de banda que viene sufriendo la red de operaciones.

## Gráfico 191. Propiedades del archivo de captura.



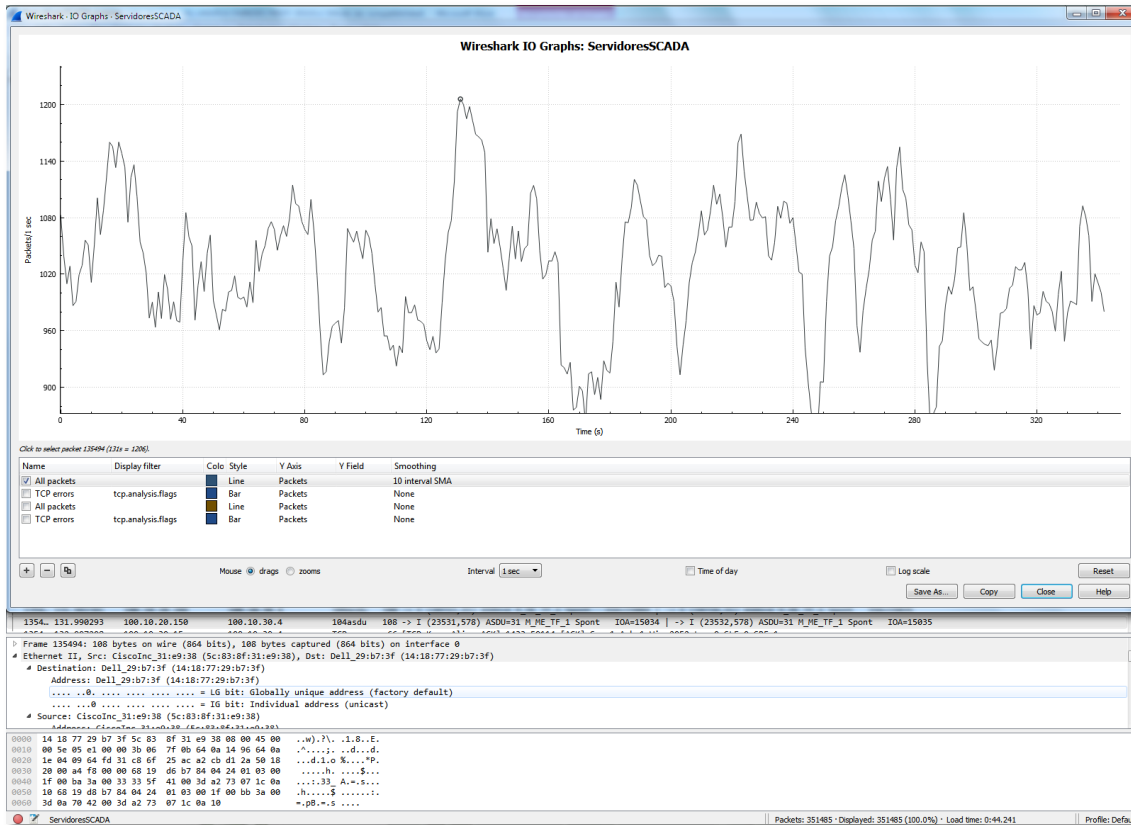
Details				
<b>File</b>				
Name:	F:\REPORTES WIRESHARK\ServidoresSCADA.pcapng			
Length:	101 MB			
Format:	Wireshark/... - pcapng			
Encapsulation:	Ethernet			
<b>Time</b>				
First packet:	2016-10-28 07:49:21			
Last packet:	2016-10-28 07:55:04			
Elapsed:	00:05:42			
<b>Capture</b>				
Hardware:	Unknown			
OS:	64-bit Windows Server 2012 R2, build 9600			
Application:	Dumpcap (Wireshark) 2.2.1 (v2.2.1-0-ga6fbd27 from master-2.2)			
<b>Interfaces</b>				
<b>Interface</b>	<b>Dropped packets</b>	<b>Capture filter</b>	<b>Link type</b>	<b>Packet size limit</b>
\Device\NPF_{B700CCAD-329E-4E5A-A4DD-8F44623786A7}	2169 (0.6 %)	none	Ethernet	262144 bytes
<b>Statistics</b>				
<b>Measurement</b>	<b>Captured</b>	<b>Displayed</b>	<b>Marked</b>	
Packets	351485	351485 (100.0%)	N/A	
Time span, s	342.282	342.282	N/A	
Average pps	1026.9	1026.9	N/A	
Average packet size, B	255.5	255.5	N/A	
Bytes	89903862	89903862 (100.0%)	0	
Average bytes/s	262 k	262 k	N/A	
Average bits/s	2101 k	2101 k	N/A	

### Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 191, observamos los principales parámetros del archivo de reporte, en el cual se muestra entre otras características, la ubicación, el peso, el formato, la fecha en que se tomó la muestra y la encapsulación del archivo.

También tenemos un resumen estadístico del tráfico producido en la red

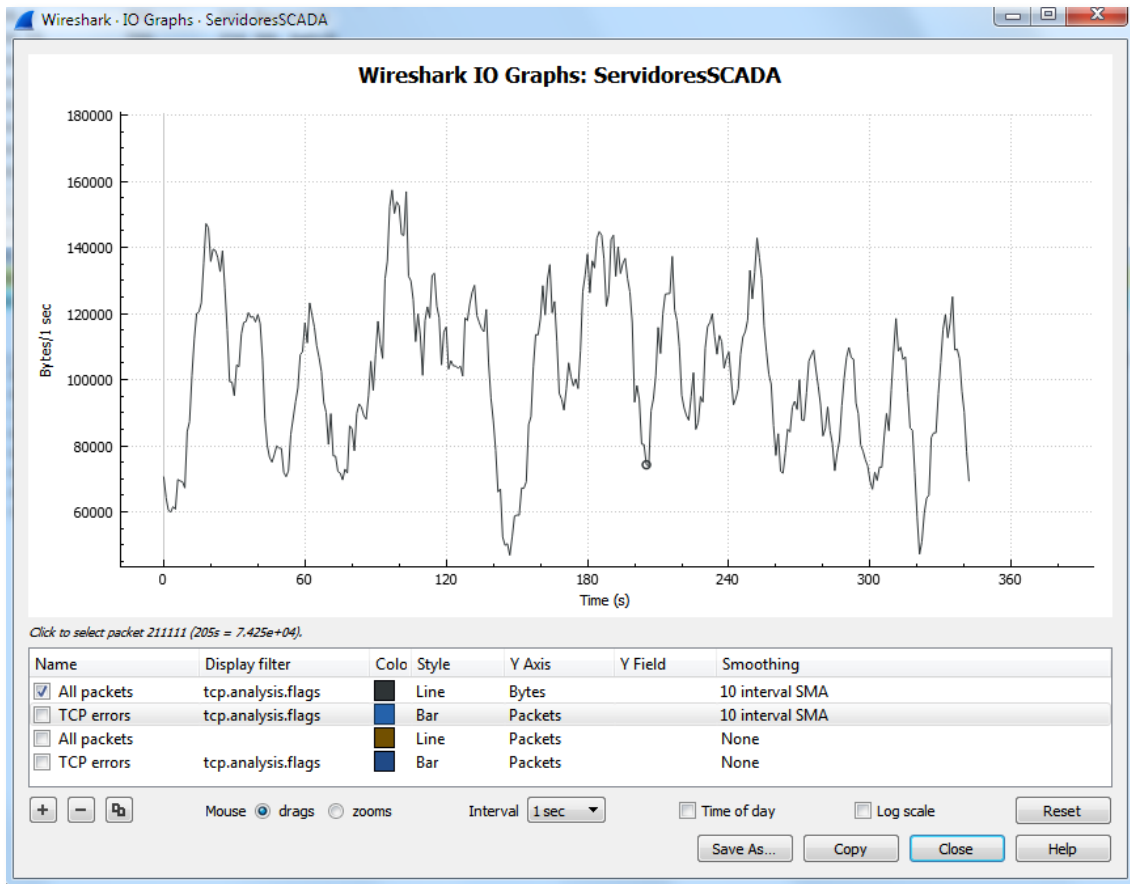
## Gráfico 192. Paquetes por segundo Servidores SCADA



**Fuente: Elaboración propia**

En la gráfica 192, apreciamos en número de paquetes por segundo que se trasladan por la red, de acuerdo a la medición tenemos un pico máximo de 1206 paquetes a los 131 segundos de iniciadas las pruebas.

### Gráfico 193. Ancho de banda de la red SCADA



**Fuente: Elaboración propia**

Finalmente tenemos en el gráfico 193 el ancho de banda utilizado por la red SCADA teniendo un pico máximo aproximado de 156 Kbyte por segundo a los 90 segundos de iniciada la prueba, lo cual muestra claramente que la red tiene un tráfico holgado descartando la posibilidad de saturación de ancho de banda.

## **CAPÍTULO V: DESCRIPCIÓN DE LA RED DE COMUNICACIONES ACTUAL DE SEAL Y DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA EXISTENTE**

### **1 Sistema SCADA de SEAL**

#### **1.1 Descripción de la infraestructura**

Sociedad Eléctrica del Sur Oeste SEAL S.A es una empresa dedicada a la compra y distribución de energía eléctrica en toda la región Arequipa, para la distribución de dicho recurso, la empresa tiene instaladas a largo de su concesión 38 subestaciones de transmisión de energía en alta, media y baja tensión. Para la gestión y operación de las subestaciones de alta y media tensión, la empresa cuenta con un sistema SCADA francés de la empresa ARC Informatique, cuyo nombre es PCVue en su versión 11.0, este software está instalado en servidores que se encuentran ubicados en la sede de Parque Industrial, desde donde se gestiona remotamente la data proveniente de cada subestación de transmisión.

#### **1.2 Antecedentes del sistema SCADA**

El sistema SCADA de SEAL fue implementado inicialmente en los años 2003 al 2005 por el consorcio conformado por las empresas IBERDROLA – CONSONI – FOXBORO, siendo el alcance inicial 11 subestaciones de transformación las cuales eran:

- Socabaya.
- Chilina.
- Jesús.
- Parque Industrial.
- Challapampa.
- Cono Norte.

- San Lázaro.
- Paucarpata.
- Majes.
- Repartición.
- Base Islay.

Esta cantidad se mantuvo hasta el año 2010, año en el que se comienza con la ampliación del sistema, actualmente el sistema SCADA abarca 33 subestaciones que representa un crecimiento del 200% respecto a su alcance inicial, estando pendiente la integración de 05 subestaciones. Este crecimiento no fue acompañado con el software SCADA, permaneciendo tanto el software como hardware hasta el año 2015.

Los años 2015-2016 se realizó la actualización del software PCVue a una versión actual y con equipamiento moderno.

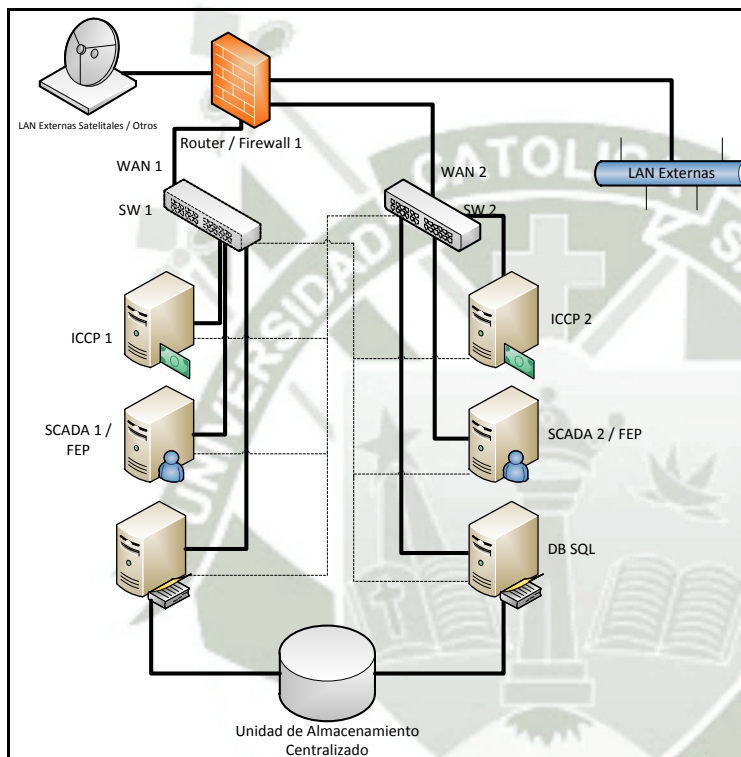
El SCADA cuenta con las respectivas licencias de operación que permiten integrar equipos en Protocolo IEC-61850. Dicho protocolo requiere un ancho de banda considerable, ya que las señales se manejan por variables con nombres de cadenas de caracteres y no por direcciones numéricas. No se recomienda su empleo a menos que se tenga sistemas de comunicaciones en fibra óptica dedicada en una red de control independiente.

Adicionalmente se ha provisto los protocolos DNP3, y Modbus TCP, siendo la recomendación que las subestaciones que cuenten con enlaces de comunicación por GPRS sean integradas mediante el protocolo Modbus TCP.

La comunicación se da en forma redundante, es decir si alguno de los switchport por algún motivo deja de operar, su contingente actúa de forma automática evitando así la pérdida de comunicación.

En la siguiente figura se muestra la arquitectura implementada en centro de control.

**Figura 8. Arquitectura de servidores**



**Fuente: Elaboración propia**

El sistema de comunicaciones inicial fue por enlaces de radio en el protocolo IEC-101 el cual es una comunicación serial cuya máxima velocidad era de 9600 bps. Cuando se comienza con la ampliación del sistema SCADA, se empezó a trabajar con dos protocolos simultáneamente IEC-101 e IEC-104, este último bajo una plataforma Ethernet, la cual brinda mejores prestaciones que una comunicación serial. Actualmente toda la

comunicación entre la estación maestra y todas las remotas es en base a Ethernet en el protocolo IEC-104.

A continuación, muestro en detalle las RTU de cada subestación:

**Tabla 46. Relación de RTU**

Subestación de Transformación	Equipo		Protocolo de Comunicación	
	Marca	Modelo	Anterior	Implementado
<b>Chilina</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Cono Norte</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Base Islay</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Parque Industrial</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Paucarpatá</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Repartición</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Challapampa</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>San Lázaro</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Alto Cayma</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Charcani I</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Majes</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Corire</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Chuquibamba</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Mollendo</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Agua Lima</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>La Curva</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104

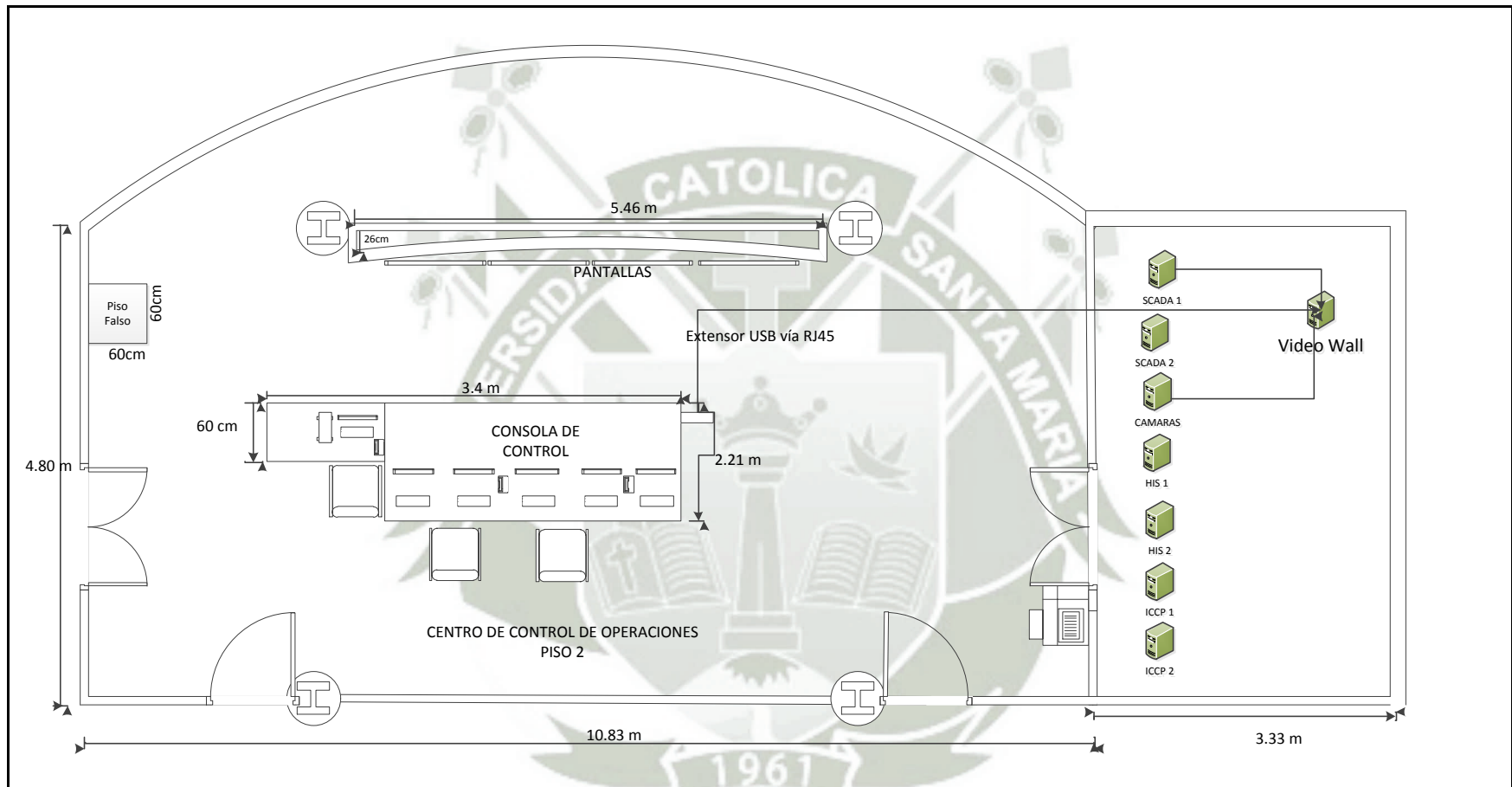
<b>Marcona</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Bella Unión</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Camaná</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Jahuay</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Callalli</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Socabaya</b>	FOXBORO	SCD5200	IEC-101	IEC-104
<b>Jesús</b>	SEL	AXION	IEC-104	IEC-104
<b>P. Lambramani</b>	ABB	COM600	IEC-104	IEC-104
<b>Real Plaza</b>	ABB	COM600	IEC-104	IEC-104
<b>Porongoche</b>	ABB	COM600	IEC-104	IEC-104
<b>El Cruce</b>	SEL	3354	IEC-101	IEC-104
<b>Mejía</b>	SEL	3354	IEC-101	IEC-104
<b>Cocachacra</b>	SEL	3354	IEC-101	IEC-104
<b>Matarani</b>	SEL	3354	IEC-101	IEC-104
<b>GTS-Majes</b>	SEL	3354	IEC-101	IEC-104
<b>Ocoña</b>	SEL	3354	IEC-101	IEC-104
<b>Caraveli</b>	SEL	3354	IEC-101	IEC-104

**Fuente: Elaboración propia**

En la sede de parque industrial se cuenta con un edificio de 3 pisos, donde el segundo piso está dedicado exclusivamente al centro de control.

En la siguiente figura se muestra el plano de infraestructura del segundo piso, correspondiente al área de centro de control.

**Figura 9. Unidad de Control de Operaciones**



**Fuente: Elaboración propia**

El medio de comunicación desde las subestaciones hasta el centro de control se da tanto de manera cableada como por radioenlace.

La subestación perteneciente a la ciudad de Arequipa, están interconectadas mediante un anillo de fibra óptica, reservándose la comunicación inalámbrica a las subestaciones de provincias.

### **1.3 Descripción de la topología y arquitectura de red actual de la empresa**

Mediante trabajo en campo y estudios previos a cada una de las subestaciones de transmisión de la concesión se determinó las siguientes arquitecturas de red.

#### **1.2.1 S.E.T ALTO CAYMA**

En esta subestación podemos apreciar una topología de tipo árbol, siendo el nodo central el switch de TIC.

A este equipo están conectados un relé SEL 2414, encargado de monitorizar el transformador de potencia, el cual es gestionado mediante protocolo TCP/IP, tenemos también conectado a dicho switch, una RTU FOXBORO SCD5200 que mediante un conversor óptico AlliedTelesyn se conecta al switch de TIC, puesto que la salida de la RTU es óptica y los puertos del switch de TIC presentan puertos RJ45, la cual se encarga de receptor en protocolo DNP3 los datos de los relés de protección SEL-351R, tanto de los patrones en 10 y 33 KV, como en los alimentadores Deán Valdivia, Charcani y las Flores, dichos datos son convertidos al protocolo IEC-104 y enviados hacia el SERVIDOR1 del SCADA con su respectiva estampa de tiempo, desde donde se distribuye hacia los demás servidores, como por ejemplo el ICCP, tal cual lo exige la NORMA TECNICA PARA EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA

INTERCONECTADO NACIONAL (SEIN) mediante resolución directoral N° 055-2007-DGE, hacia el los servidores del COES.

A su vez, también tenemos conectado al switch de TIC, un Port Server RS416Ruggedcom, el cual se encarga de convertir el protocolo DNP3 serial RS-232 al protocolo DNP3/TCP para su posterior gestión remota.

Con respecto a la red de medidores, tenemos conectado al switch de TIC, un switch SEL2730M, el cual se encarga de gestionar cada uno de los medidores SEL735 de la subestación los cuales están sincronizados a un reloj GPS a través del puerto IRIG-B.

La arquitectura de red de la S.E.T Alto Cayma se define en la figura 10, como se muestra a continuación.

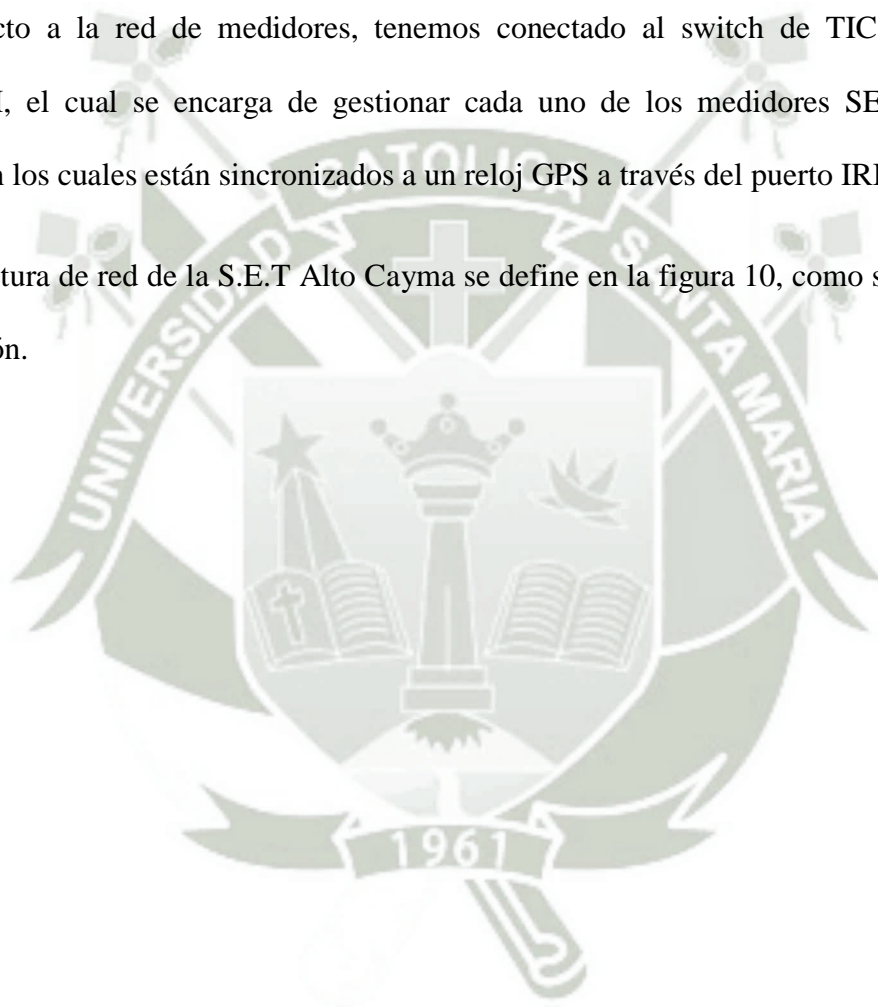
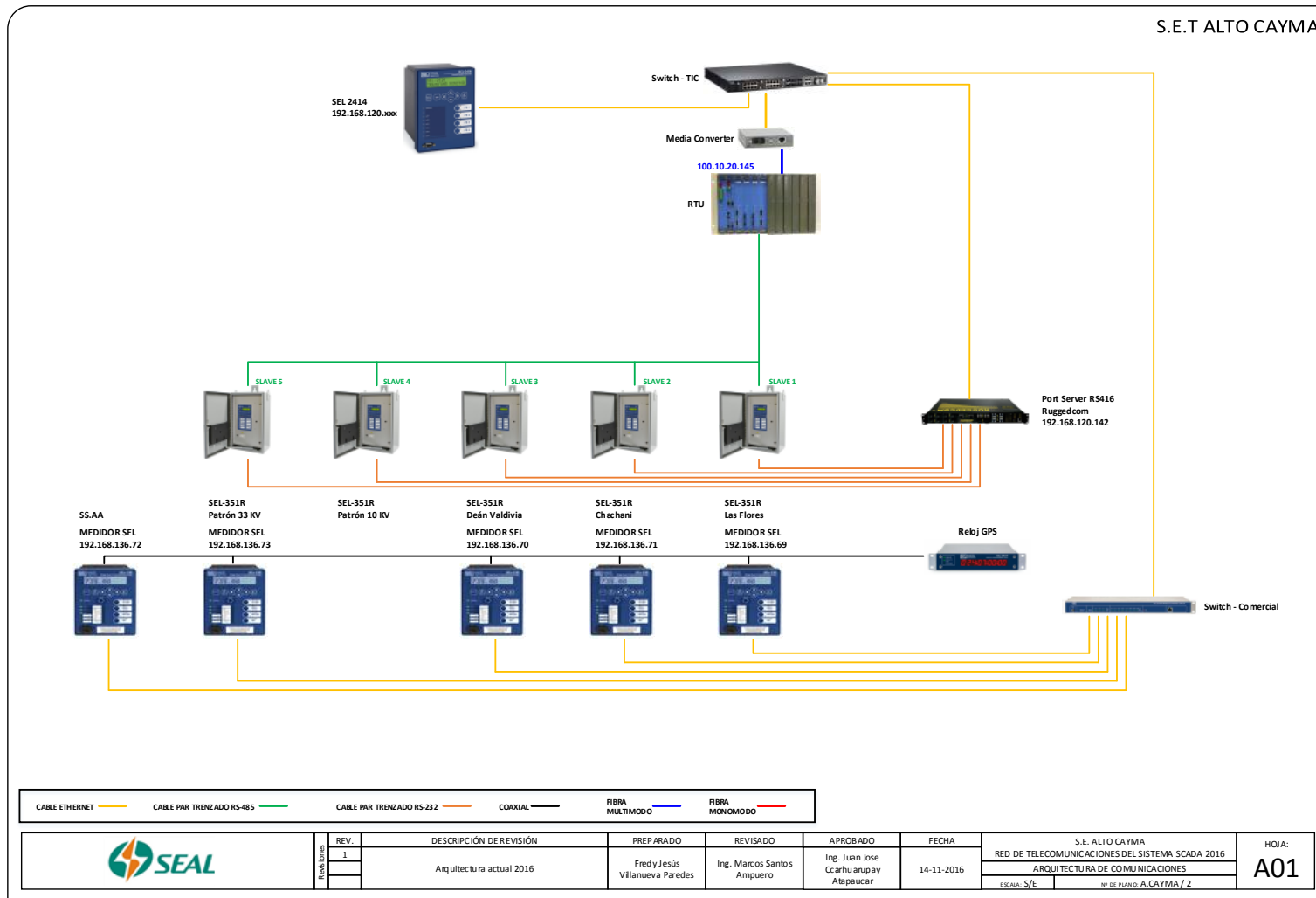


Figura 10. Arquitectura de red de la SET Alto Cayma



Fuente: Elaboración propia

**Figura 11. Tablero de control SET Alto Cayma**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 12. Switch Port Server SET Alto Cayma**



**Fuente: Elaboración propia**

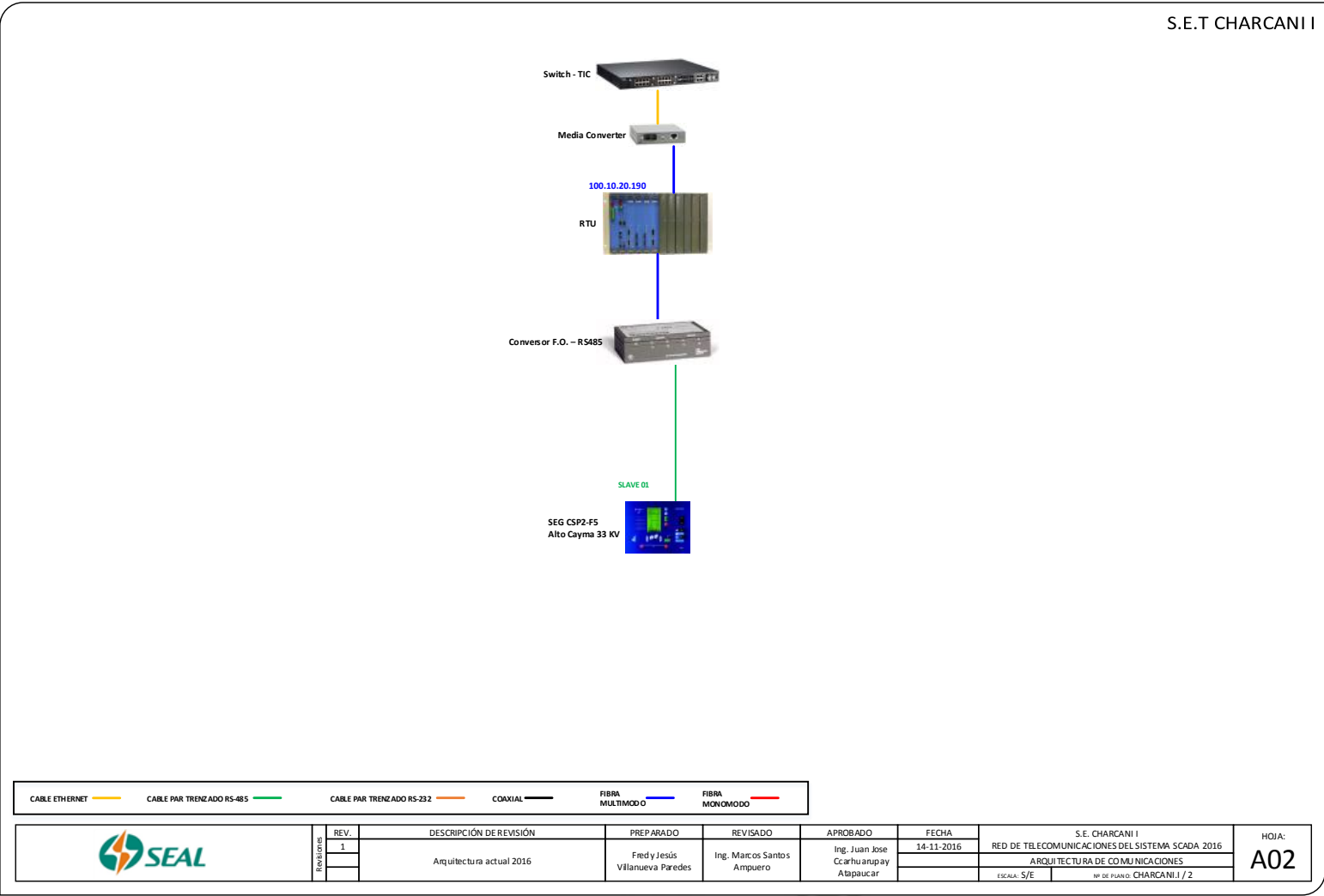
### 1.2.2 S.E.T CHARCANI I

De igual manera, pero en menor medida, encontramos en la subestación de CHARCANI I, una RTU FOXBORO SCD5200, el cual mediante un conversor óptico AlliedTelesyn, convierte la señal proveniente del relé de protección SEG CSp2-F5, el cual, inversamente al caso anterior tiene un conversor de RS-485 a fibra óptica para que pueda ser leído por la RTU. Cabe destacar que esta celda se encuentra instalada en las instalaciones de CHARCANI I de propiedad de Egasa.

La arquitectura de red de la S.E.T Charcani I se define en la figura 13, como se muestra a continuación.



Figura 13. Arquitectura de red de la SET Charcani I



Fuente: Elaboración propia

**Figura 14. Tablero de control SET Charcani I**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.3 S.E.T CONO NORTE

En la subestación de Cono Norte encontramos nuevamente una topología de árbol, donde el nodo central viene siendo representado por el switch de TIC, donde se concentra un relé de protección SEL2414, así como dos conversores ópticos AlliedTelesyn, los cuales conectan redundantemente la RTU a la red corporativa, dicha RTU gestiona mediante una red Modbus RS-485, un circuitor CVM-BD de la barra en 10kV, tres SACI CP3003 correspondientes a

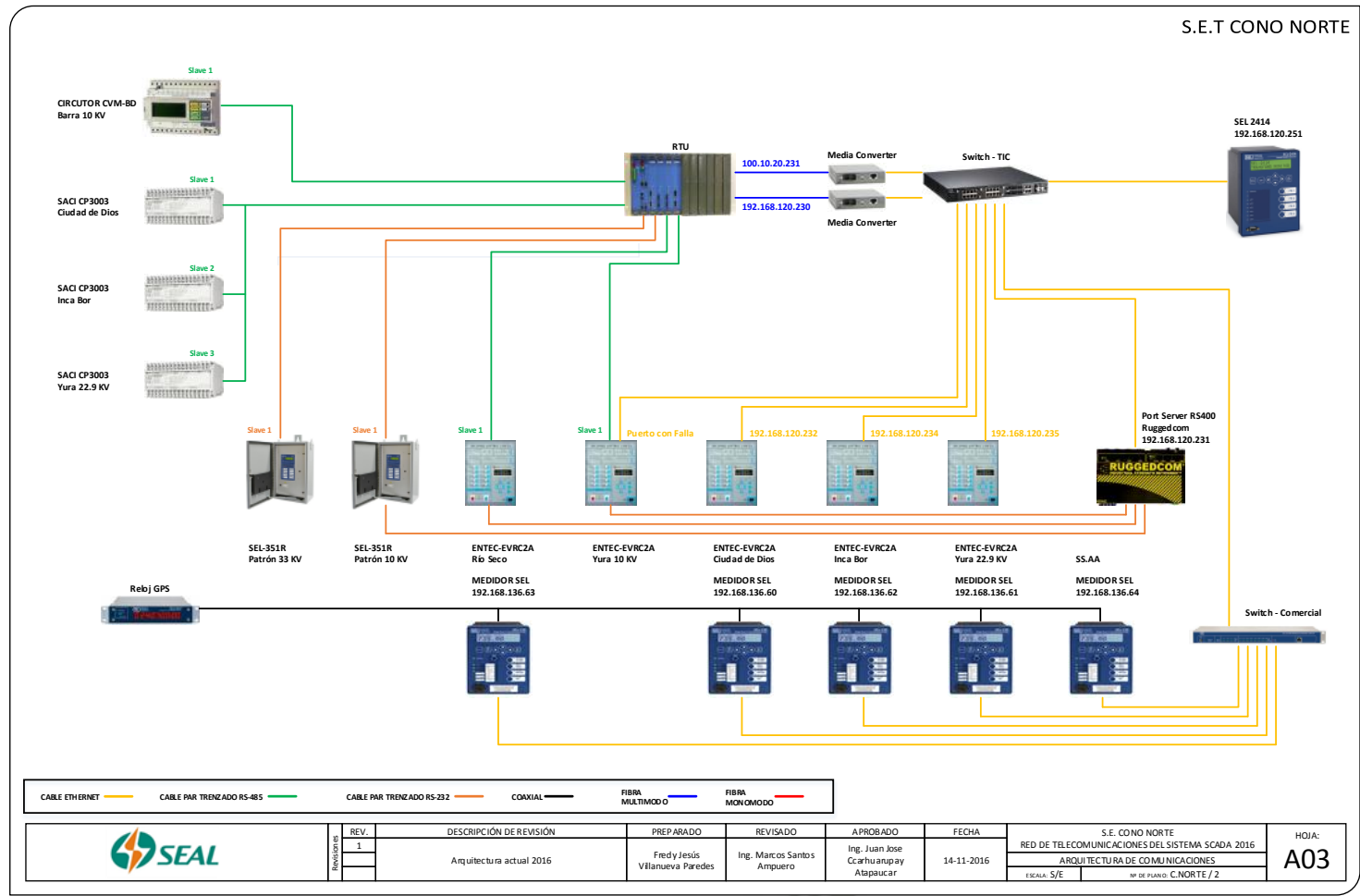
los alimentadores Ciudad de Dios, Inca Bor y Yura en el lado de 22.9kV, además de los relés de protección ENTEC-EVRC2A correspondientes a los alimentadores Rio Seco y Yura en el lado de 10kV, a su vez, dicha RTU, también gestiona mediante una red DNP3serial RS-232 dos relés de protección SEL-351R, correspondientes a los patrones en 33 y 10 kV del transformador de potencia

Un Port Server RS 400 Ruggedcom es el encargado de convertir el protocolo DNP3 serial RS-232 de los relés de protección correspondiente a los alimentadores Patrón en 10kV, Rio Seco y Yura en 10kV, a protocolo DNP3/TCP y conectarlo a la red corporativa mediante el switch de TIC.

Finalmente, al igual que los casos anteriores, tenemos un switchSEL2730M, que gestiona los medidores de los alimentadores Rio Seco, Ciudad de Dios, Inca Bor, Yura en 22.9kV y SS. AA, todos ellos sincronizados a un reloj GPS para la estampa de tiempo a través del puerto IRIG-B.

La arquitectura de red de la S.E.T Cono Norte se define en la figura 15, como se muestra a continuación.

Figura 15. Arquitectura de red de la SET Cono Norte



Fuente: Elaboración propia

**Figura 16. Tablero de control SET Cono Norte**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 17. Tablero de comunicaciones SET Cono Norte**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **1.2.4 S.E.T CHALLAPAMPA**

En la subestación de Challapampa, podemos encontrar dos RTU FOXBORO SCD5200 en cascada, ambas conectadas mediante un conversor óptico al switch de TIC.

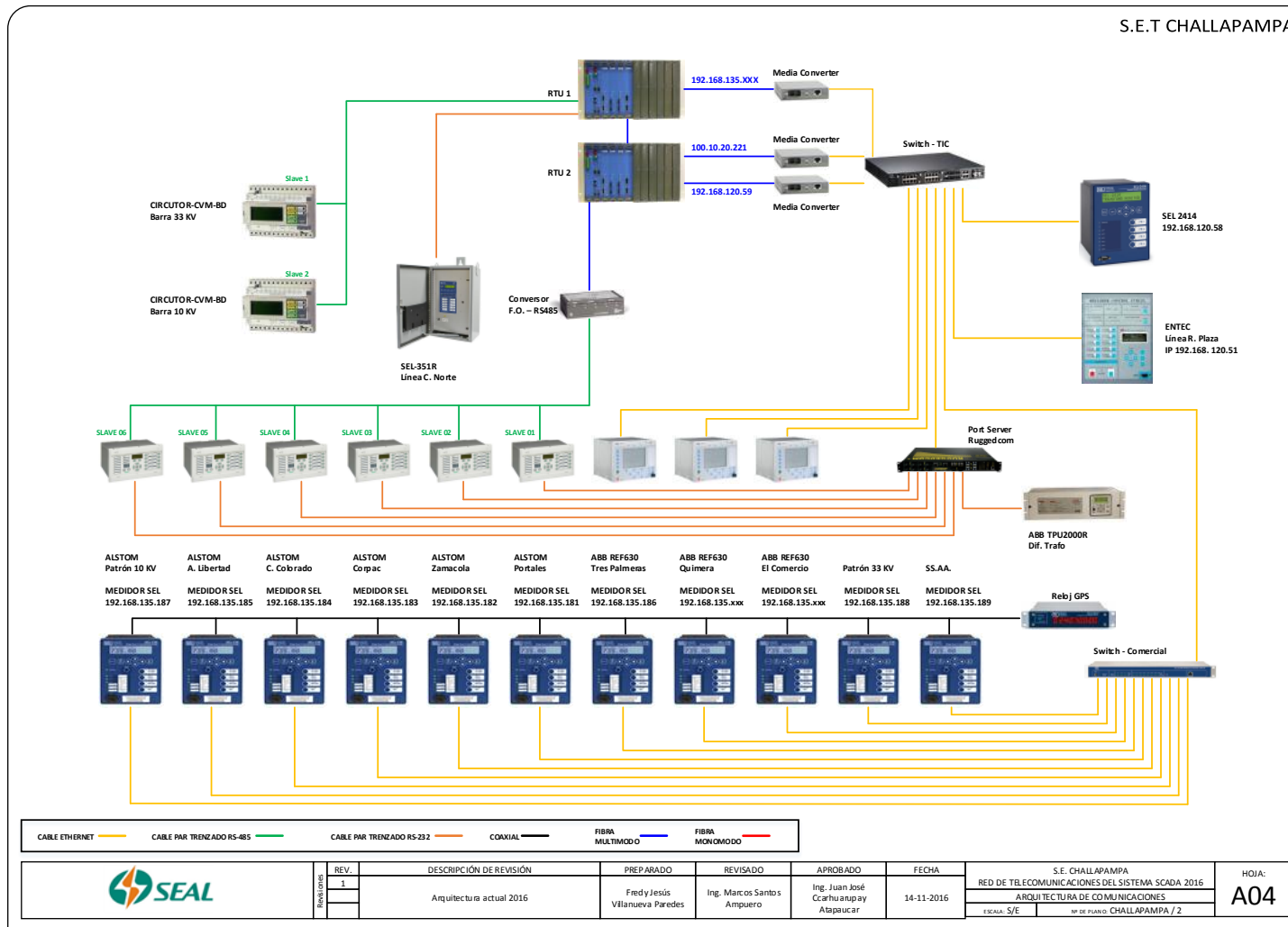
Hacia la RTU 1 encontramos una red Modbus RS-485 que conecta dos circuitores CVM-BD tanto de la barra de 10kV como de 33kV, además tenemos una red DNP3 RS232, que conecta el relé de protección SEL-351R correspondiente a la línea Cono Norte.

Con respecto a la RTU 2, mediante un conversor óptico RS-485, se conecta una red DNP3 RS-485, que gestiona los relés de protección ALSTOM de los alimentadores A. Libertad, C. Colorado, Corpac, Zamacola, los Portales además del relé ENTEC-EVR2A que protege la línea Real Plaza, cabe indicar que estos equipos se conectan aun por puerto serial debido a la antigüedad de los mismos, es por eso que requieren del Port Server RS400 Ruggedcom para poder conectarse a la red corporativa de SEAL, a diferencia de los relés de protección ABB REF 630, los cuales ya soportan el protocolo TCP/IP y se conectan directamente al switch de TIC mediante su puerto Ethernet.

Finalmente tenemos el switch SEL2730M que conecta los medidores SEL735 a la red corporativa, todos ellos, sincronizados mediante puerto IRIG-B al reloj GPS.

La arquitectura de red de la S.E.T Challapampa se define en la figura 18, como se muestra a continuación.

Figura 18. Arquitectura de red de la SET Challapampa



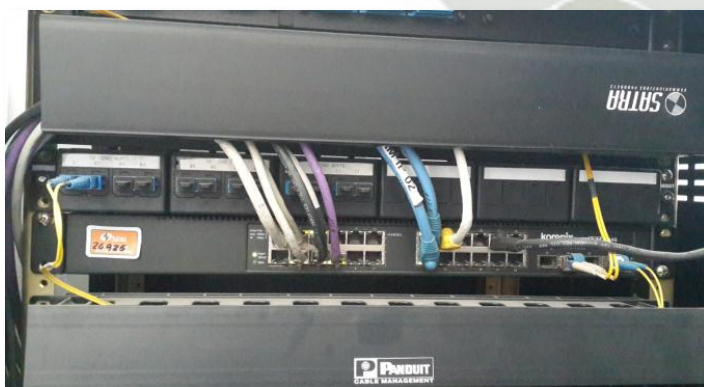
Fuente: Elaboración propia

**Figura 19. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET Challapampa**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 20. Tablero de comunicaciones de la SET Challapampa**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.5 S.E.T SAN LAZARO

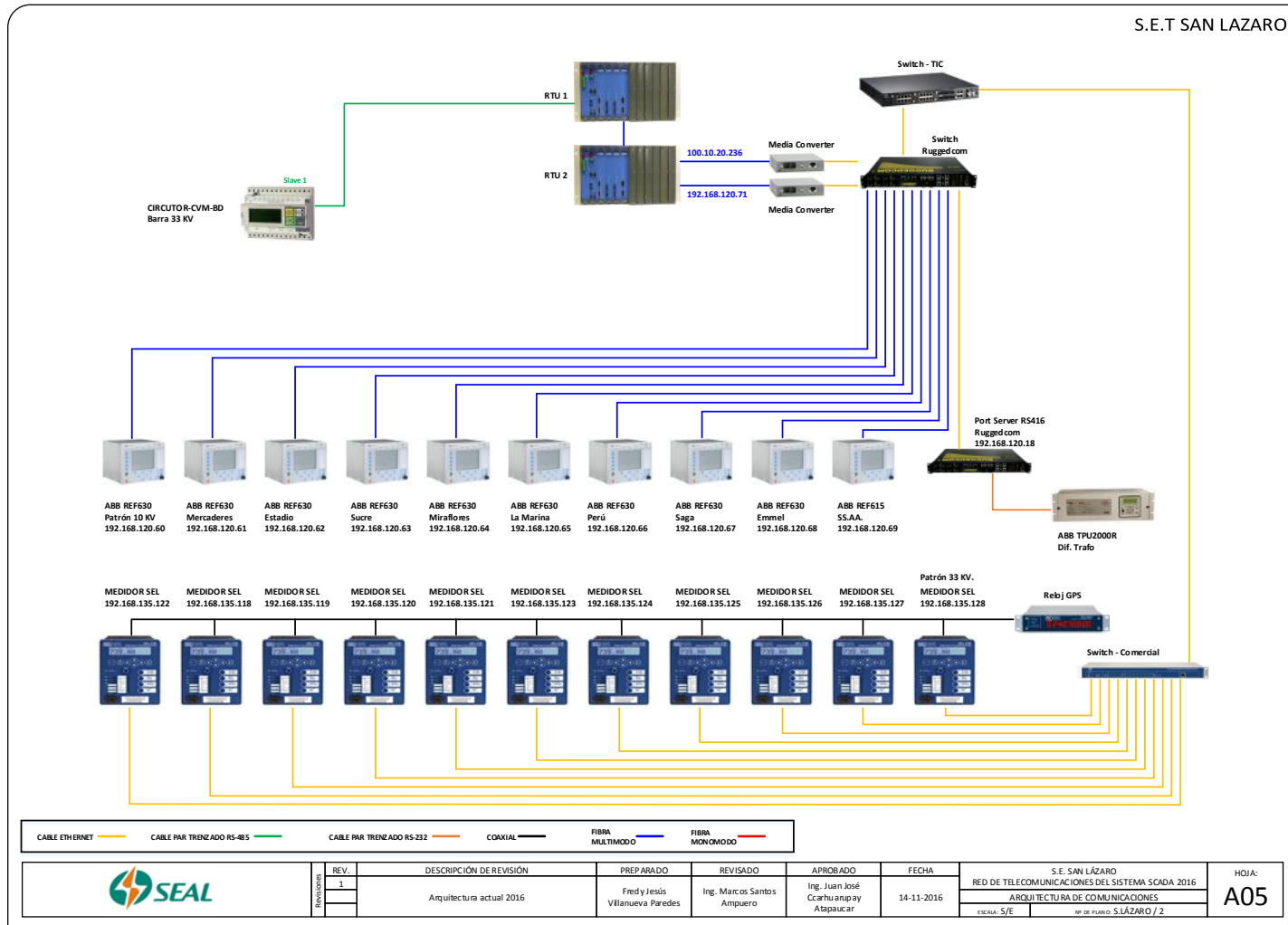
En la subestación de San Lázaro, se aprecia nuevamente la topología de árbol, teniendo como nodo central el switch de TIC, donde se concentran un switch Ruggedcom y el switch SEL2730M. Hacia el switch Ruggedcom se conectan mediante dos conversores ópticos dos RTU en cascada, las cuales gestionan un Circuito CVM-BD de la barra de 33kV, después tenemos a este mismo equipo conectados diez relés de protección ABB REF630, correspondientes al patrón en 10kV del transformador de potencia, así como para los alimentadores Mercaderes, Estadio, Sucre, Miraflores, La Marina, Perú, Saga y Emmel, todos ellos en 10kV, además de los SS.AA, cabe resaltar que los relés ABB REF630, soportan el protocolo TCP/IP, además del protocolo IEC-104 para su integración al SCADA.

Además, se tiene conectado a switch Ruggedcom, un relé de protección diferencial del transformador de potencia ABB TPU2000R, el cual, debido a su antigüedad, solo se comunica por protocolo DNP3 mediante una conexión serial RS-232 por lo que requiere de un Port Server RS416 para poder ser integrado a la red corporativa y gestionado a distancia mediante el protocolo DNP3/TCP.

Finalmente tenemos el switch SEL2730M, el cual concentra once medidores SEL735, de los cuales nueve corresponden a los alimentadores en 10kV antes mencionados y dos a los patrones en 10 y 33 kV del transformador de potencia.

La arquitectura de red de la S.E.T San Lázaro se define en la figura 21, como se muestra a continuación.

Figura 21. Arquitectura de red de la SET San Lázaro



Fuente: Elaboración propia

**Figura 22. Tablero de comunicaciones SET San Lázaro**

**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.6 S.E.T SOCOBAYA

En la subestación Socabaya, encontramos básicamente, la misma topología de árbol, siendo el nodo central el switch de TIC para la conexión corporativa, a este se conectan cuatro RTU en cascada las cuales gestionan dos Circuitores CVM-BD tanto en la barra 1 y barra 2 en 33kV, la RTU 4 se conecta mediante un conversor óptico a nodo central.

El switch RX1500 Ruggedcom presenta puertos ópticos por lo que se conecta directamente con los relés de protección ABB RED670, correspondiente a las líneas P. Industrial 1, P. Industrial 2, Jesús 1 y Jesús 2 y Paucarpata, todas ellas en 33kV, todos ellos sincronizados mediante el puerto IRIG-B a un reloj GPS.

Con respecto a los relés de protección ABB REF630 de los alimentadores en 10kV, estos se conectan mediante cableado Ethernet a un switch de TIC, dicho relé corresponde al patrón en

10 kV del transformador de potencia, así como a los alimentadores Paisajista, Las Peñas, C.M Trabajo, Simón Bolívar, Dolores, Colón, Characato, Yarabamba, así como los SS.AA.

Finalmente tenemos la red de medidores que cuenta con dieciocho medidores SEL735 debidamente sincronizados mediante sus puertos IRIG-B hacia un reloj GPS, los cuales se encargan de medir la energía en los patrones y alimentadores antes mencionados, así como en las líneas de trasmisión en 33 kV.

La arquitectura de red de la S.E.T Socabaya se define en la figura 23, como se muestra a continuación.

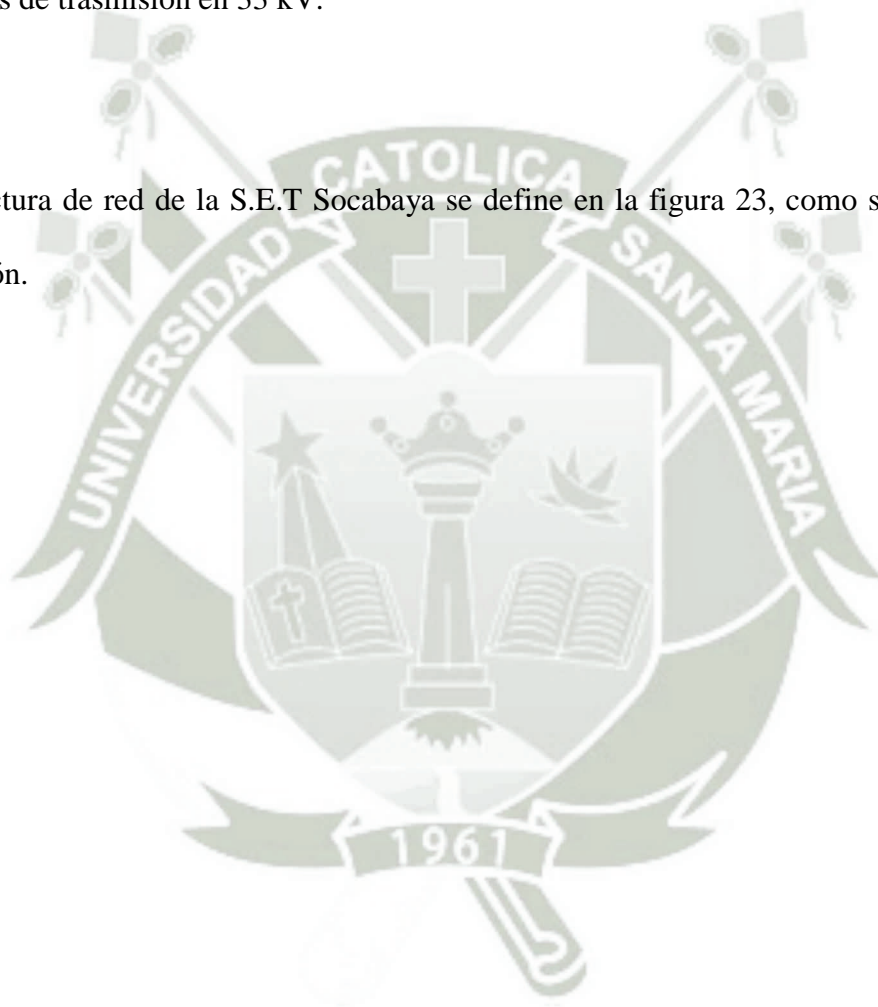
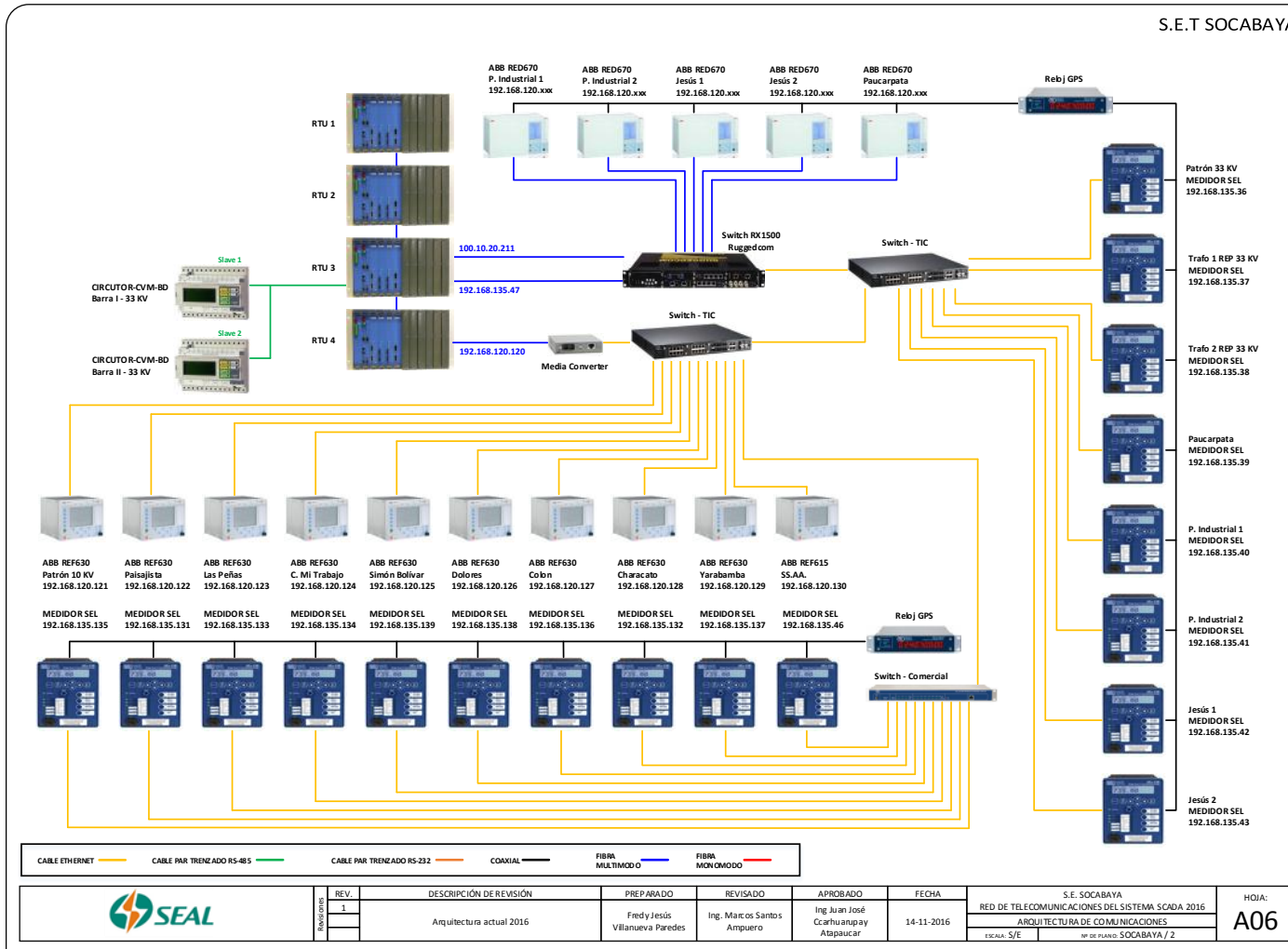


Figura 23. Arquitectura de red de la SET Socabaya



Fuente: Elaboración propia

**Figura 24. Tablero de control SET Socabaya**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 25. Tablero de medidores**



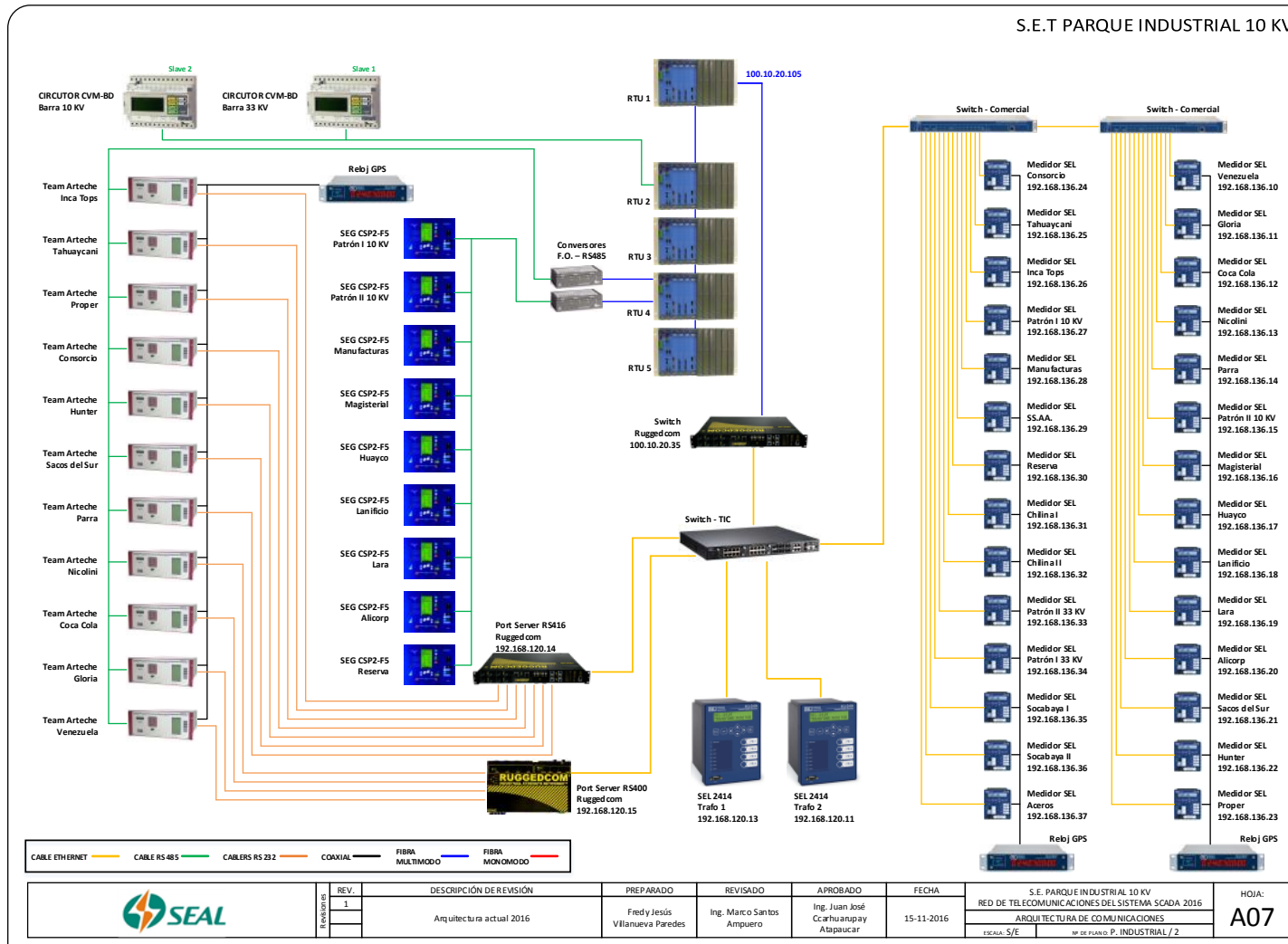
**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.7 PARQUE INDUSTRIAL 10KV

En la subestación de Parque Industrial encontramos el switch de TIC como nodo central de la red, a él se adhieren cinco RTU FOXBORO SCD5200 mediante un switch Ruggedcom óptico, dichas RTU gestionan mediante una red Modbus RS485, los circuitores CVM-BD, tanto en la barra de 10 como en 33kV, a su vez también se gestiona los relés de protección TeamArteche de los alimentadores en 10kV Inca Tops, Tahuaycani, Proper, Consorcio, Hunter, Sacos del Sur, Parra, Nicolini, Coca Cola, Gloria y Venezuela. Cabe resaltar que dichos relés de protección también se conectan mediante una red Modbus RS232 a dos Port Server RS416 y RS400, como se muestra en la figura anterior, el cual convierte la comunicación serial a Ethernet TCP/IP, para su posterior integración a la red corporativa mediante el switch de TIC posibilitando su gestión remota. Con respecto a los relés de protección SEG CSP2- F5, correspondiente al patrones 1 y 2 en 10kV del transformador de potencia, así como los alimentadores Manufacturas, Magisterial, Huayco, Lanificio, Lara, Alicorp, y Reserva, estos son gestionados mediante la RTU 4 en una red DNP3 RS-485. Finalmente tenemos la red de medidores, la cual cuenta con dos switches SEL 2730M en cascada, los cuales gestionan veintiocho medidores SEL 735 de los alimentadores antes mencionados, todos ellos sincronizados mediante el puerto IRIG-B hacia un reloj GPS.

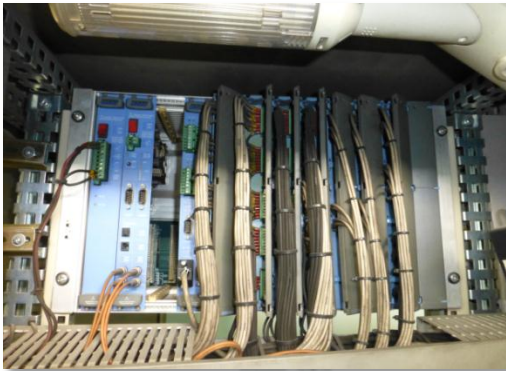
La arquitectura de red de la S.E.T Parque Industrial en 10kV se define en la figura 26, como se muestra a continuación.

Figura 26. Arquitectura de red de la SET Parque Industrial 10kV



Fuente: Elaboración propia

**Figura 27. RTU FOXBORO SCD5200 SET Parque Industrial 10kV**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 28. Reloj GPS de la SET Parque Industrial 10kV**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.8 PARQUE INDUSTRIAL 33KV

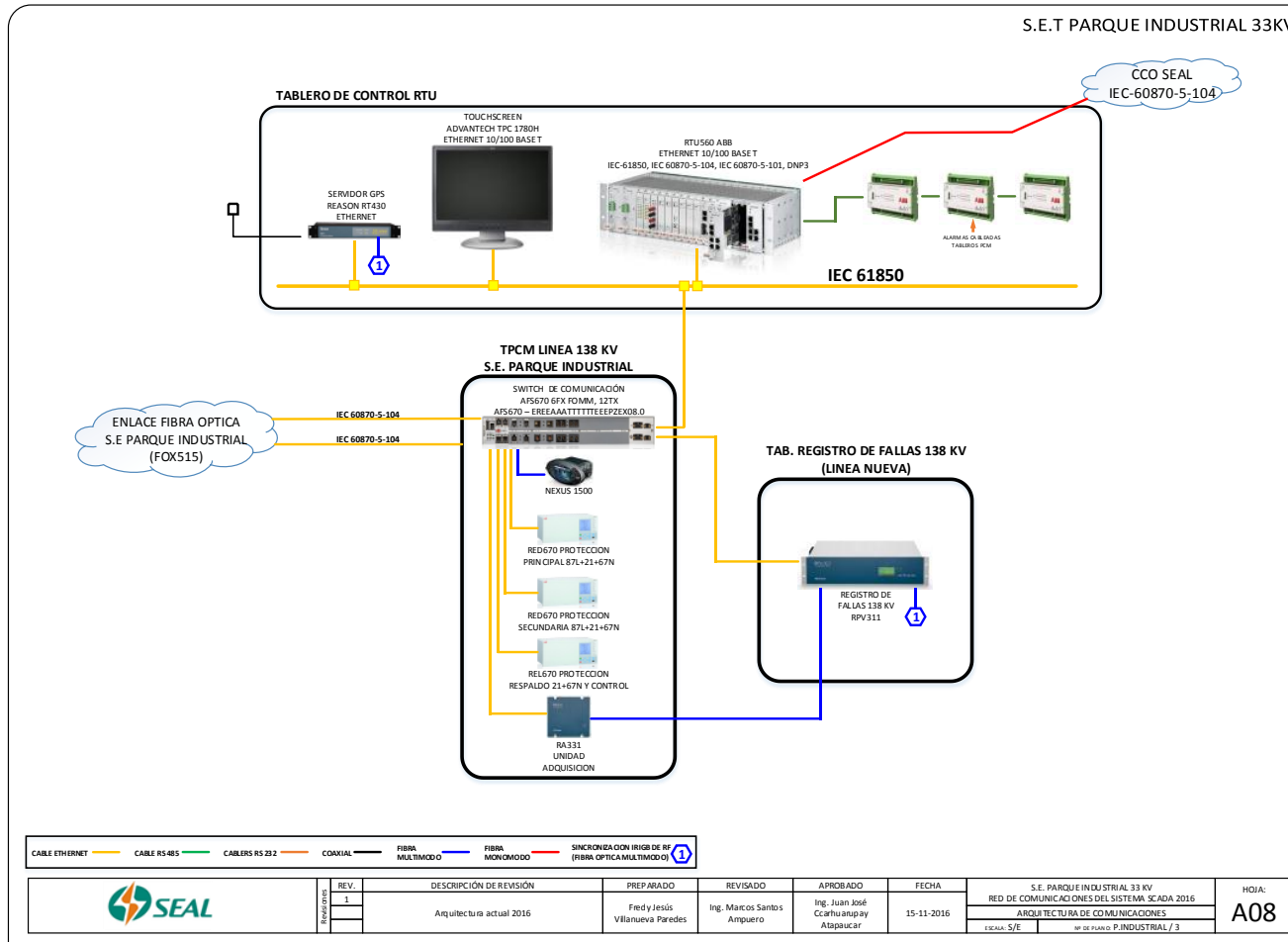
Con respecto al lado de 33 kV de la subestación de Parque Industrial, tenemos una RTU ABB 560, la cual gestionara las nuevas celdas de la línea Socabaya-Parque Industrial en 138kV, protegidas por los relés RED670 y monitorizadas por el medidor NEXUS 1500, todos ellos concentrados en un switch de comunicación ABB AFS670 quien se encarga de conectarlos a la red corporativa de la empresa. El enlace de fibra óptica para la tele protección de la línea, se da a través del multiplexor FOX515.

Todos los equipos de esta subestación se encuentran sincronizados mediante sus puertos Ethernet a un servidor GPS ReasonRT430.

Cabe resaltar que los equipos de esta parte de la subestación de parque industrial están preparados para soportar el estándar IEC 61850, sin embargo, como se sabe este nuevo estándar requiere de elevados anchos de banda, por lo que se requiere que toda la red de telecomunicaciones de SEAL se encuentre implementada en fibra óptica, sin embargo, como esto no es aun técnicamente posible, se sugiere seguir utilizando el estándar IEC-104 para la integración al SCADA.

La arquitectura de red de la S.E.T Parque Industrial en 33kV se define en la figura 29, como se muestra a continuación.

Figura 29. Arquitectura de red de la SET Parque Industrial 33kV



Fuente: Elaboración propia

**Figura 30. RTU ABB 560 Parque Industrial 33kV**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 31. Switch de comunicación de la SET Parque Industrial 33kV**





**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.9 S.E.T REPARTICION

En la subestación de Repartición una RTU FOXBORO SCD5200 con doble puerto de gestión Ethernet, la cual concentra dos redes DNP3RS-485, correspondientes a relé de protección SEG CSP2-F5 de la línea Majes en 138kV y al relé ALSTOM P123 del patrón en 138kV del transformador de potencia, esta red se comunica a través de un convertor de fibra óptica a RS-485 hacia el segundo bloque de la RTU, a su vez también tenemos una red Modbus RS-485 que gestiona siete equipos que son dos circuitores CVM-DB de las barras en 22.9kV y 138kV, así como cinco equipos transductores SACICP-3003 correspondientes a los patrones

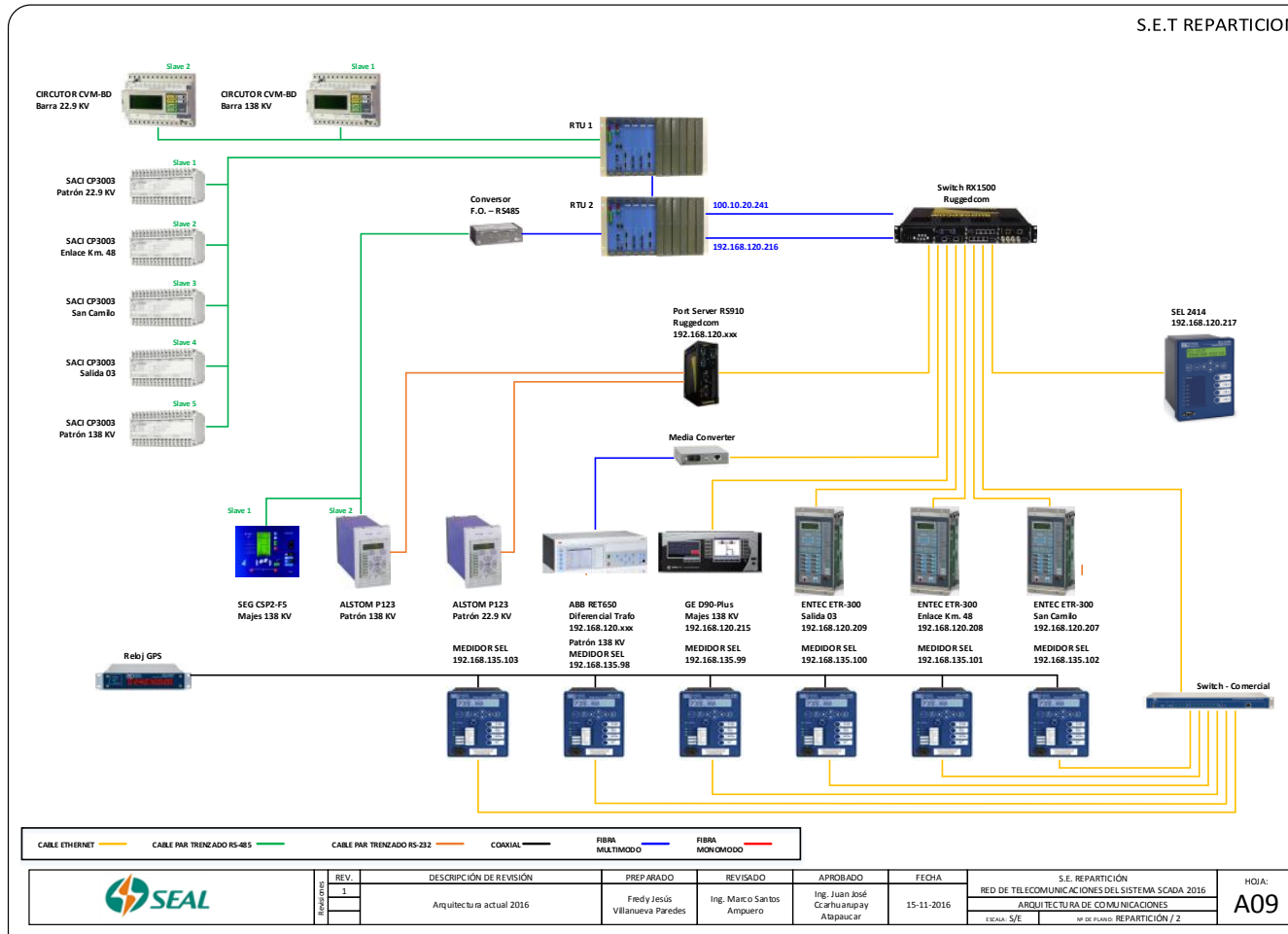
en 22.9 y 138kV así como de los alimentadores Enlace Km48, San Camilo y Salida 03. Cabe resaltar que dicha RTU se integra a la red de SEAL a través del switch de TIC el cual es un Ruggedcom RX1500, a este mismo equipo tenemos conectado sobre protocolo TCP/IP un relé de monitorización SEL2414, tres relés ENTEC ETR-300, correspondientes a los alimentadores San Camilo, Enlace Km. 48 y la Salida 03, también tenemos conectado mediante puertos Ethernet dos relés de protección, un ABB RET650 correspondiente al diferencial de transformador de potencia y un GE D90Plus correspondiente a la línea de Majes en 138kV, este último utiliza un media converter de fibra óptica a par de cobre para su enlace al nodo central.

Dos relés ALSTOMP123 encargado de la protección de los patrones en 138kV y 22.9 kV del transformador de potencia se comunican mediante puerto serial hacia un Port Server Ruggedcom RS910 el cual los enlaza a la red corporativa de la empresa.

Finalmente tenemos la red de medidores que gestiona cada uno de los alimentadores y los patrones del transformador de potencia, concentrando su comunicación a un switch dedicado que los integra a la red mediante el nodo central, todos ellos sincronizados con un reloj GPS a través de sus puertos IRIG-B.

La arquitectura de red de la S.E.T Repartición se define en la figura 32, como se muestra a continuación.

Figura 32. Arquitectura de red de la SET Repartición



Fuente: Elaboración propia

**Figura 33. Tablero de control de la SET Repartición**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 34. Tablero de comunicaciones de la SET Repartición**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.10 S.E.T EL CRUCE

En la subestación El Cruce, se puede apreciar dos redes, una cableada mediante DNP3 RS-232 que conecta cada uno de los relés de protección esclavos con el Port Server maestro para su gestión remota mediante su software propietario. También observar una segunda red Modbus, pero bajo la configuración RS-485, esta red se conecta de igual manera al Port Server, integrándola a la red corporativa de SEAL, la señal de estos equipos se envía bajo el protocolo DNP3 hacia una RTU concentradora SEL 3354 que se encuentra en la data center de centro de control, ubicado en el Parque Industrial.

La arquitectura de red de la S.E.T El Cruce se define en la figura 35, como se muestra a continuación.

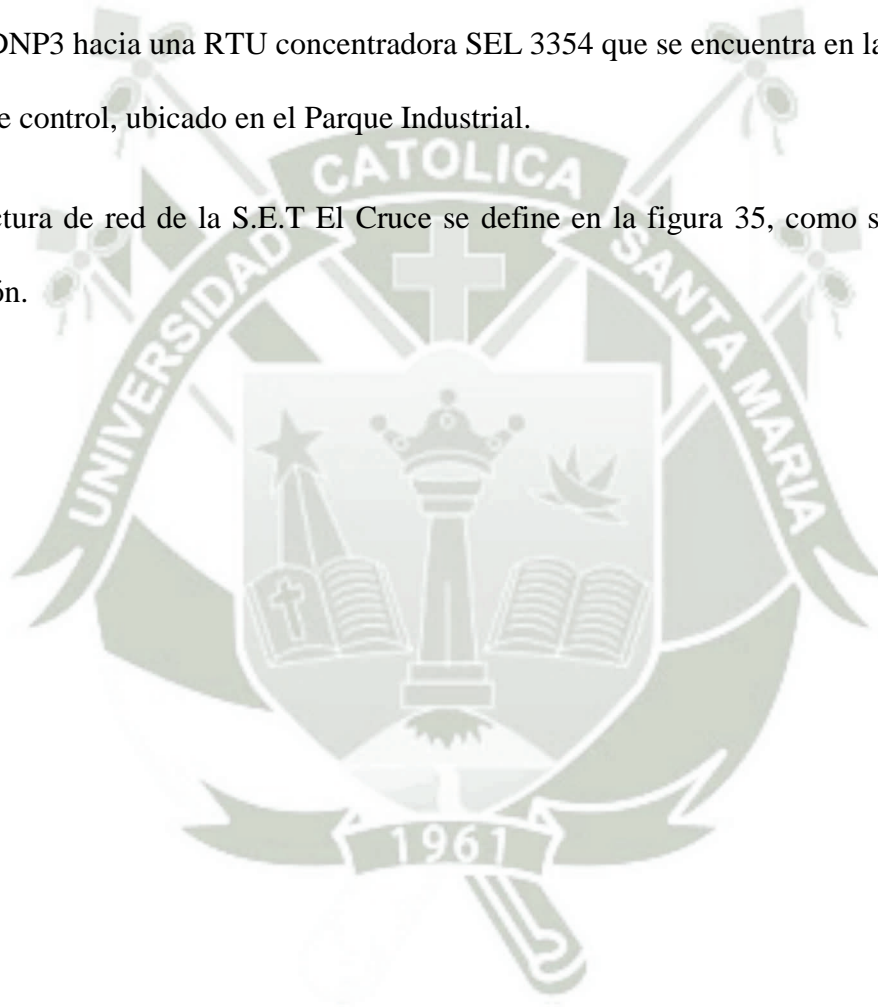
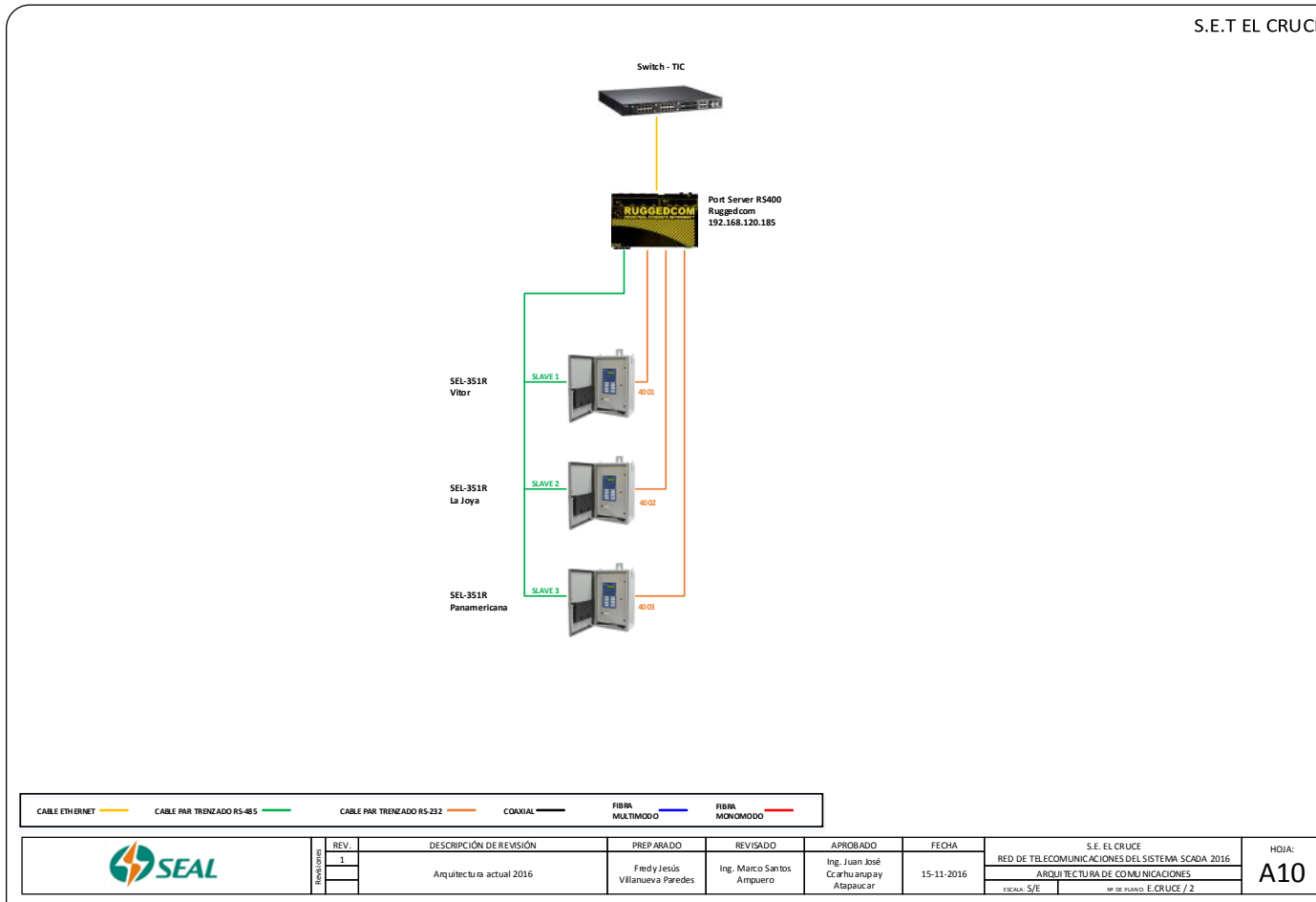


Figura 35. Arquitectura de red de la SET El Cruce



Fuente: Elaboración propia

**Figura 36. Tablero de comunicaciones de la SET El Cruce**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 37. RTU SEL3354 Parque Industrial**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.11 S.E.T MATARANI

Como vemos en la figura anterior, la subestación de Matarani no presenta una RTU, puesto que la encargada de gestionar lo hace a través de la red corporativa hasta las instalaciones de centro de control en el parque industrial, la transmisión de datos se hace mediante el protocolo DNP3.

Al nodo central está conectado tres relés de protección ENTEC-VRC2A correspondientes al lado de 33kV del transformador de potencia, así como los alimentadores Matarani y Tisur, ambos en 10kV. También se conecta un relé de monitorización SEL2414, todos ellos sobre el protocolo TCP/IP.

Un switch SEL2730M, concentra los medidores hacia la red corporativa de la empresa.

La arquitectura de red de la S.E.T Matarani se define en la figura 38, como se muestra a continuación.

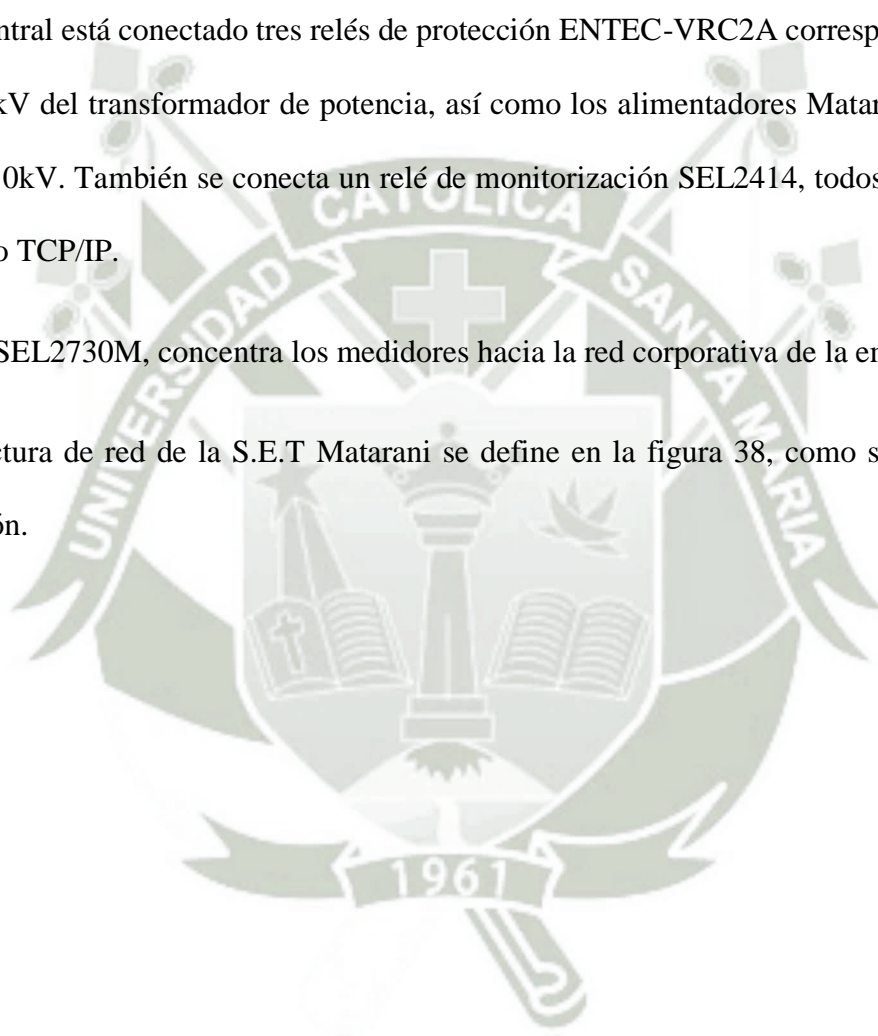
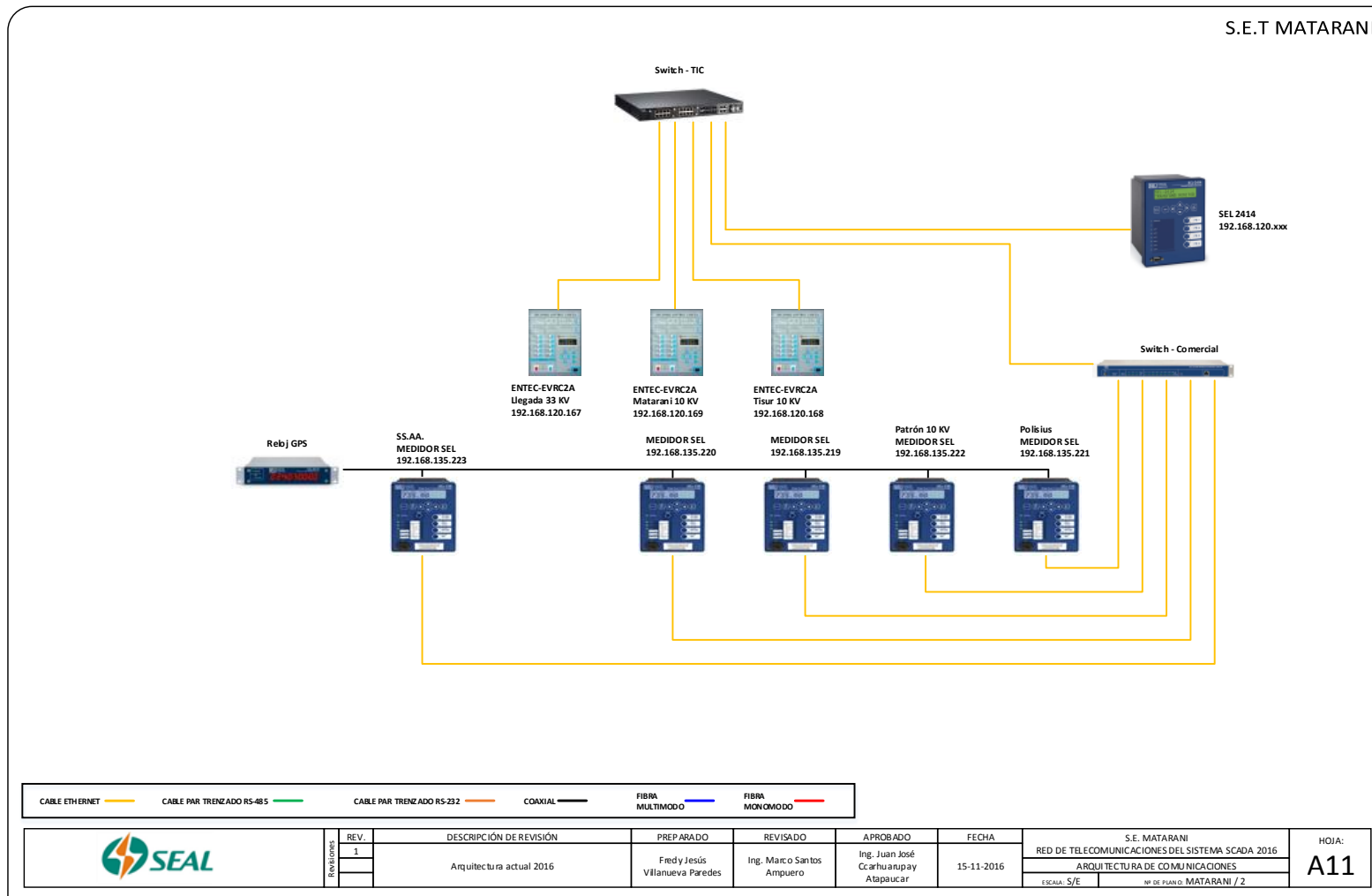


Figura 38. Arquitectura de red de la SET Matarani



Fuente: Elaboración propia

**Figura 39. Tablero de comunicaciones de la SET Matarani**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 40. Tablero de medidores de la SET Matarani**





**Fuente: Elaboración propia**

### **1.2.12 S.E.T AGUA LIMA**

En la subestación de Agua Lima, encontramos un nodo central, como en los casos anteriores, teniendo conectados al switch de TIC, mediante dos conversores ópticos, una RTU FOXBORO SCD5200, a la cual llega una red DNP3 RS-485 a través de un convertor de fibra óptica a RS-485, que gestiona dos relés de protección del patrón en 10kV del transformador de potencia, así como del alimentador en 10kV en Agua Lima.

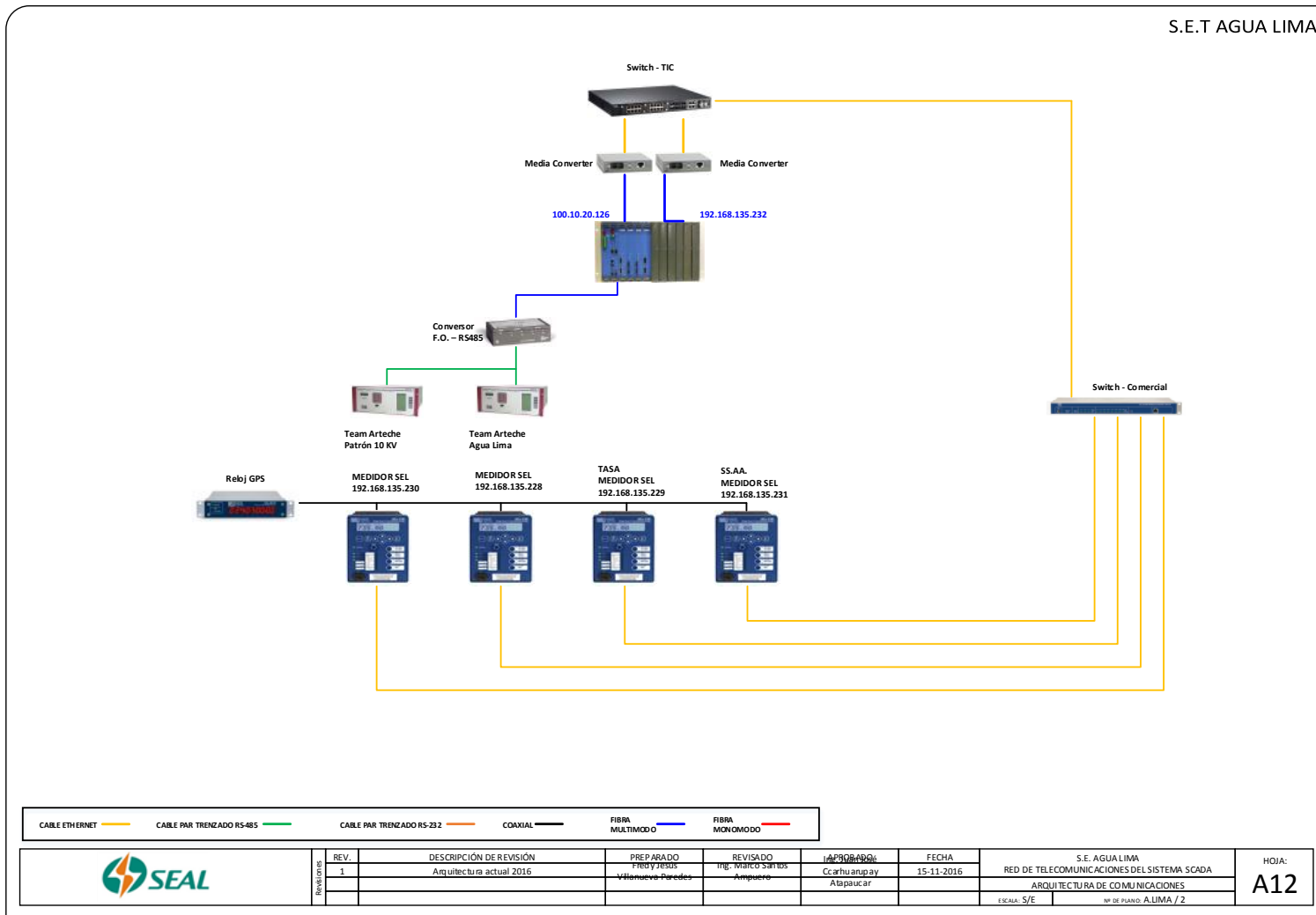
Finalmente, con respecto a la red de medidores, esta se encuentra gestionada por un switch SEL 2730M, el cual gestiona cuatro medidores tanto para el patrón en 10 kV del

transformador de potencia como del resto de alimentadores como se indica en la figura anterior.

La arquitectura de red de la S.E.T Agua Lima se define en la figura 41, como se muestra a continuación.



Figura 41. Arquitectura de red de la SET Agua Lima



Fuente: Elaboración propia

**Figura 42. Tablero de control de la SET Agua Lima**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 43. Tablero de comunicaciones de la SET Agua Lima**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.13 S.E.T BASE ISLAY

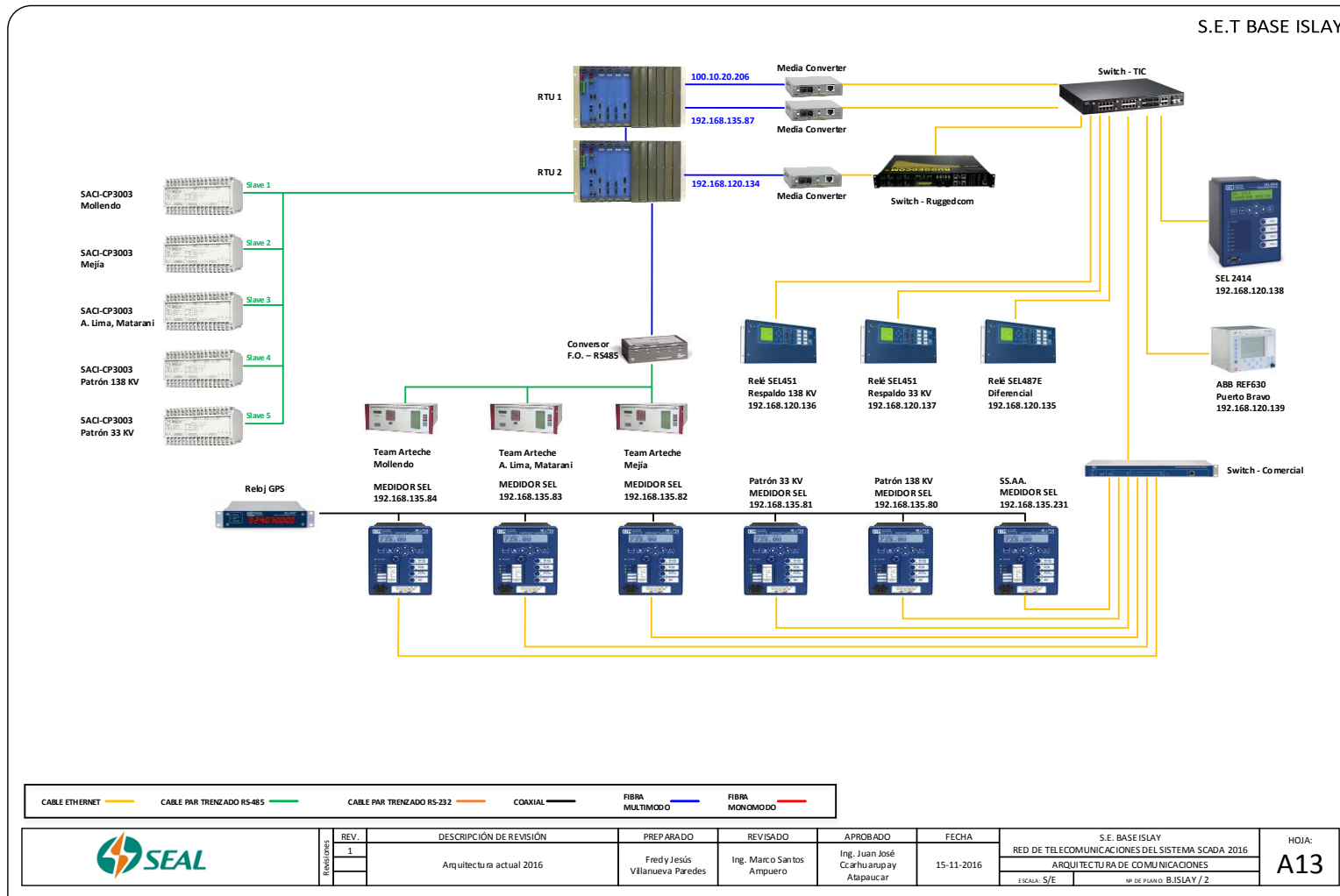
En la subestación de Base Islay, tenemos al switch de TIC como nodo central al cual se conectan dos RTU's FOXBOROSCD5200 en cascada, mediante conversores de fibra óptica, a la RTU2 se conecta una red Modbus RS-485 que gestiona cinco SACI-CP 3003, tanto de las líneas Mejía, A. Lima, Matarani, así como los patrones en 138 y 33kV, a su vez, mediante un conversor óptico a RS-485 y sobre el protocolo DNP3 RS-485, se encuentran conectados tres relés TeamArteche de los alimentadores Mollendo, A. Lima, Matarani y Mejía.

Un relé SEL2414, encargado de la monitorización del transformador de potencia, así como un relé ABB REF 630 que protege el alimentador Puerto Bravo, también se encuentran conectados directamente al nodo central, puesto que sus puertos soportan el protocolo TCP/IP.

Finalmente, tenemos un switch SEL2730M gestiona la red de medidores hacia la red corporativa.

La arquitectura de red de la S.E.T Base Islay se define en la figura 44, como se muestra a continuación.

Figura 44. Arquitectura de red de la SET Base Islay



Fuente: Elaboración propia

**Figura 45. Tablero de control de la SET Base Islay**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 46. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET Base Islay**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.14 S.E.T MOLLENDO

En la subestación Mollendo, encontramos cinco relés de protección correspondientes al patrón en 10kV del transformador de potencia, así como de los alimentadores en 10kV Cercado, Hospital, La Florida y SS. AA, puesto que 4 de estos equipos son ABB REF630 y uno es GE F650, soportan protocolo TCP/IP, por ende, están conectados directamente al switch de TIC, desde donde se distribuye de acuerdo a las VLAN definidas anteriormente.

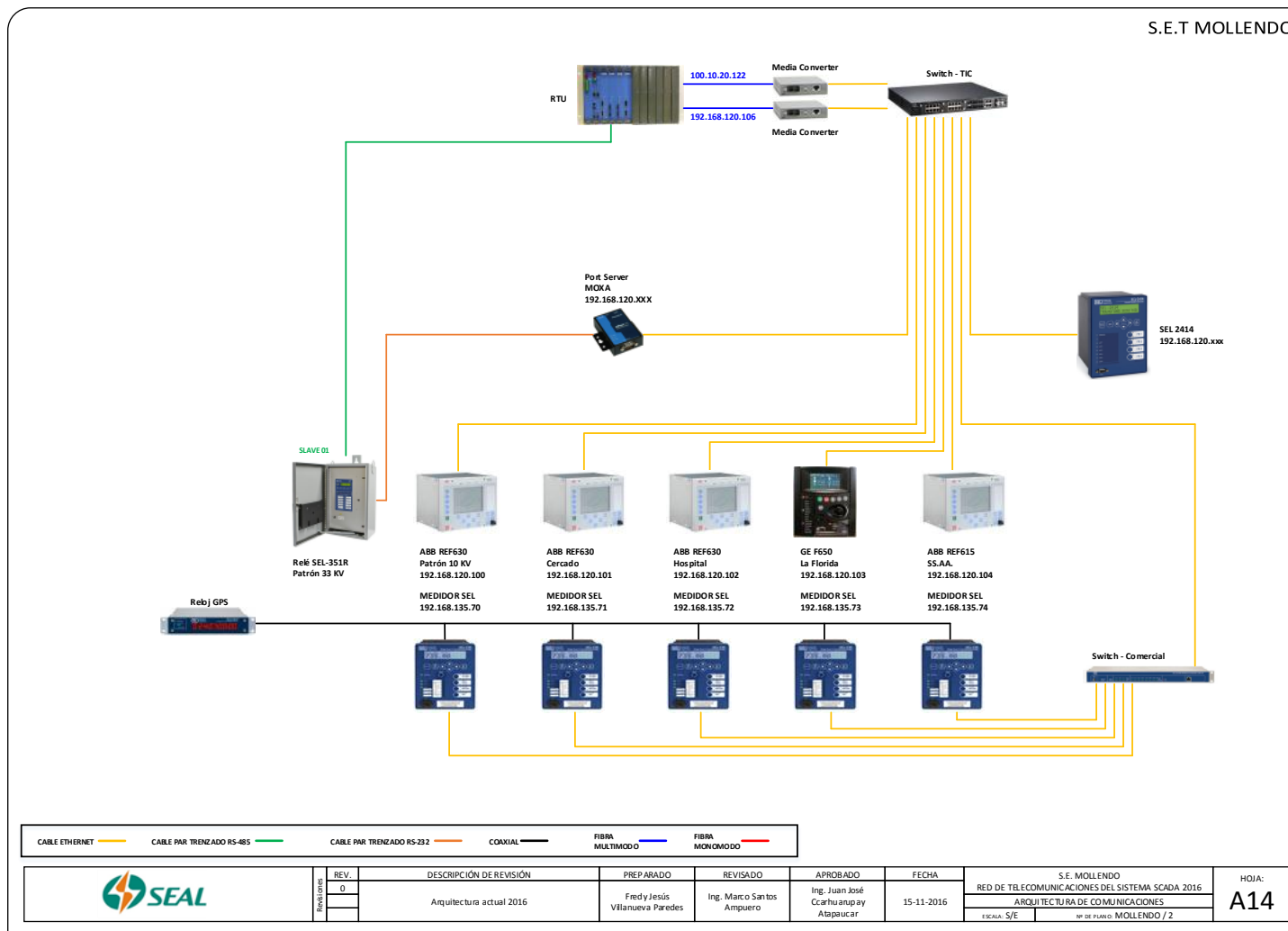
Un relé de monitorización del transformador de potencia SEL2414, está igualmente conectado directamente al nodo central para su gestión remota mediante el software propietario.

Una RTU FOXBORO SCD5200 mediante dos conversores ópticos se conectan a nodo central, dicho equipo gestiona mediante una red DNP3 RS-485 un relé SEL-351R que protege en patrón en 33 kV del transformador de potencia, el cual a su vez se encuentra conectado hacia el nodo central mediante un Port Server Moxa, el cual convierte el protocolo DNP3 RS232 a DNP3/TCP.

Finalmente, un switch SEL 2730M gestiona los medidores SEL730.

La arquitectura de red de la S.E.T Mollendo se define en la figura 47, como se muestra a continuación.

Figura 47. Arquitectura de red de la SET Mollendo



Fuente: Elaboración propia

**Figura 48. Tablero de control de la SET Mollendo**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 49. Conexión SEL 351R**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.15 S.E.T MEJIA

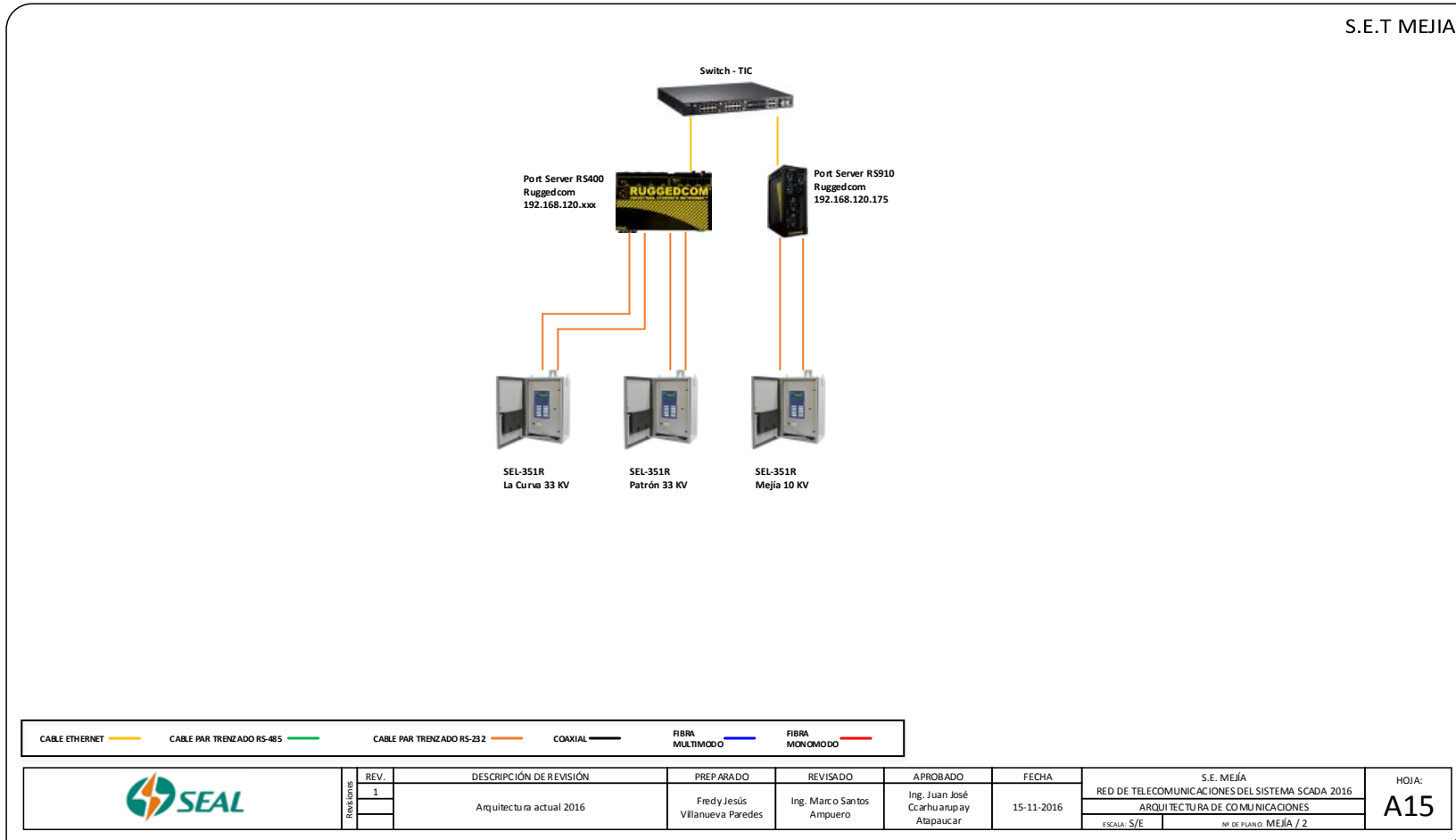
En la subestación Mejía encontramos tres relés de protección tanto de la línea de transmisión La Curva, como del patrón en 33 kV del transformador de potencia y el alimentador Mejía en 10kV, todos ellos configurados en una red DNP3 RS-232, gestionados por dos Port Server para su conversión a protocolo DNP3/TCP.

Esta subestación, al igual que en casos anteriores, no presenta RTU instalada en la subestación, sino que las señales son enviadas por la red corporativa hacia una RTU SEL 3354 ubicada en el Centro de Control, en el Parque Industrial, y reconvertida al estándar IEC-104 para su integración al sistema SCADA.

La arquitectura de red de la S.E.T Mejia se define en la figura 50, como se muestra a continuación.



Figura 50. Arquitectura de red de la SET Mejía.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 51. Tablero de comunicaciones de la SET Meja**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 52. Conexionado SEL 351R**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.16 S.E.T LA CURVA

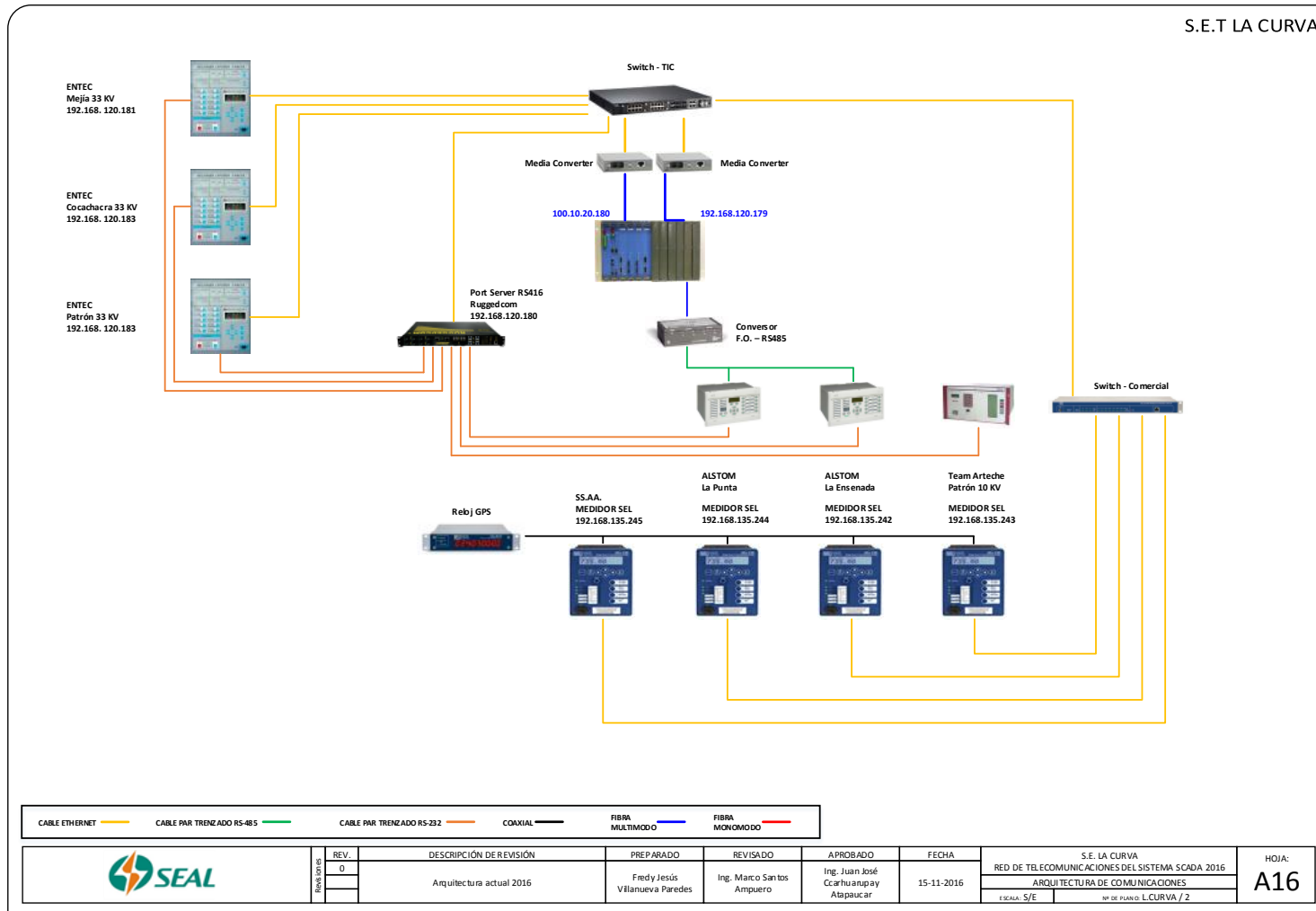
En la subestación de La Curva, tenemos al switch de TIC como nodo central en una red de tipo árbol, como en la totalidad de las subestaciones, a cual se conectan tres recoser ENTEC, correspondientes a las líneas de transmisión en 33 kV de Mejia y Cocachacra, así como el Patrón en 33 kV del transformador de potencia, estos tres equipos se conectan a la red de la empresa sobre el protocolo TCP/IP para su gestión remota mediante el software propietario, además por redundancia, dichos equipos, además de un relé TeamArteche que protege el Patrón en 10kV del transformador de potencia, forman parte de una red DNP3RS-232, que se concentra en un Port Server RS416, que convierte a protocolo DNP3/TCP mediante puertos esclavos.

Al nodo central también tenemos conectado una RTU SCD5200, la cual gestiona mediante una red DNP3 RS-485, dos relés de protección ALSTOM, correspondientes a los alimentadores La Punta y La Ensenada, ambos en 10kV.

Finalmente, tenemos la red de medidores que es gestionada por un switch SEL2730M, que concentra los datos provenientes de cuatro medidores SEL730 y enlazado con el switch de TIC para su adhesión a la red corporativa de la empresa, como se muestra en la figura anterior.

La arquitectura de red de la S.E.T La Curva se define en la figura 53, como se muestra a continuación.

Figura 53. Arquitectura de red de la SET La Curva.



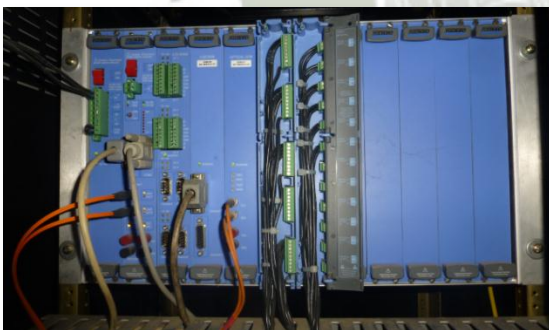
Fuente: Elaboración propia

**Figura 54. Tablero de control de la SET La Curva**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 55. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET La Curva**



**Fuente: Elaboración propia**

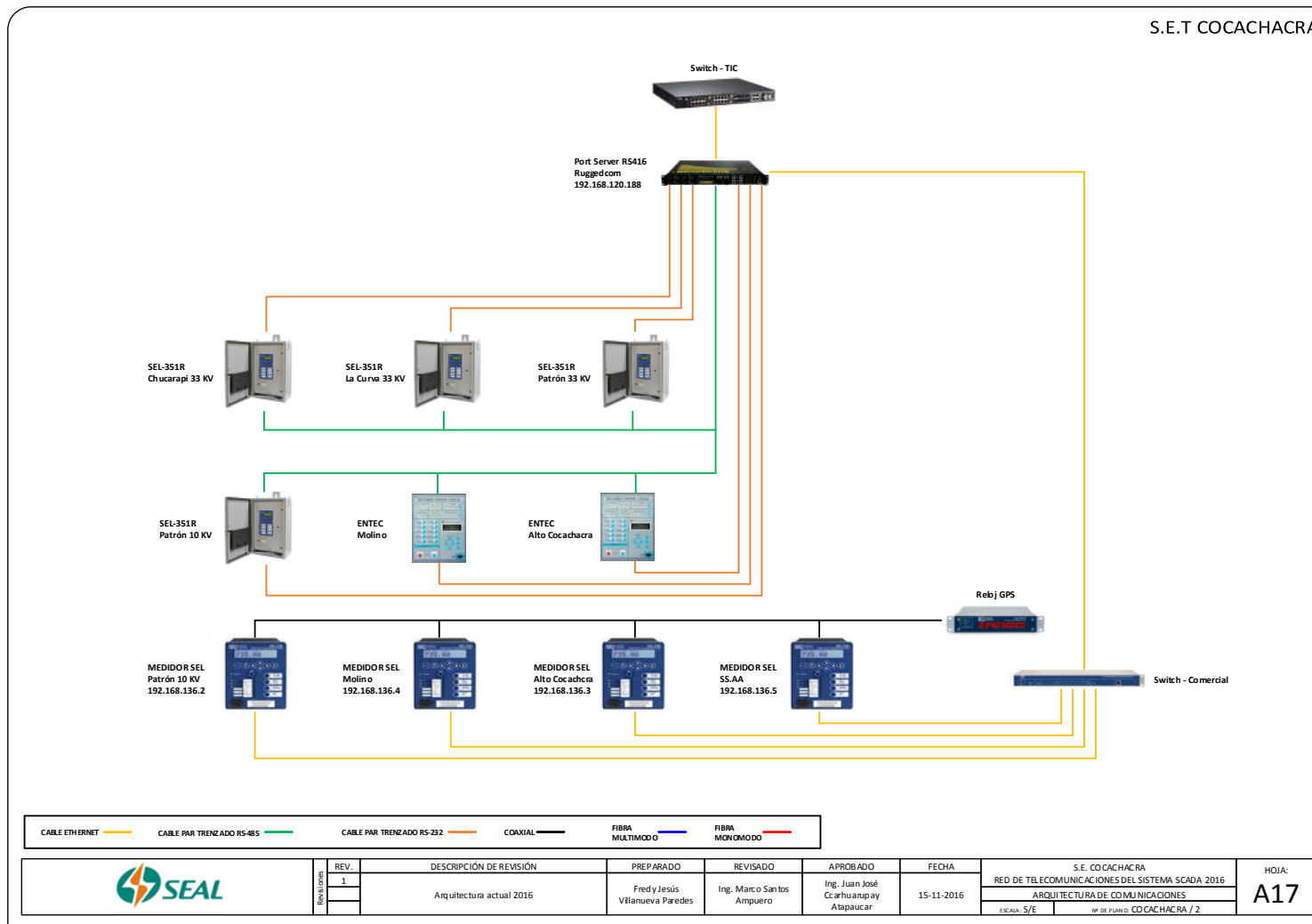
### 1.2.17 S.E.T COCACHACRA

En la subestación Cocachacra tenemos un Port Server RS416 que concentra básicamente dos redes DNP3, una red RS-232 y RS-485, que trabajan en redundancia ante la posibilidad de que alguna de ellas se corte, dichas redes gestionan tres recloser SEL 351R, correspondientes a las líneas de transmisión Chucarapi, La Curva en 33kV, además del patrón en 33kV del transformador de potencia, a su vez, también tenemos tres relés que protegen el patrón en 10kV así como los alimentadores Molino y Alto Cocachacra, todos los datos son enviados en DNP3 sobre TCP hacia una RTU SEL3354 ubicada en centro de control en Parque Industrial.

Finalmente tenemos la red de medidores SEL730, encargados de monitorizar todo lo que se encuentra del lado de 10kV del transformador de potencia como se indica en la figura anterior, cabe indicar que cada uno de estos equipos se encuentran sincronizados a un reloj GPS.

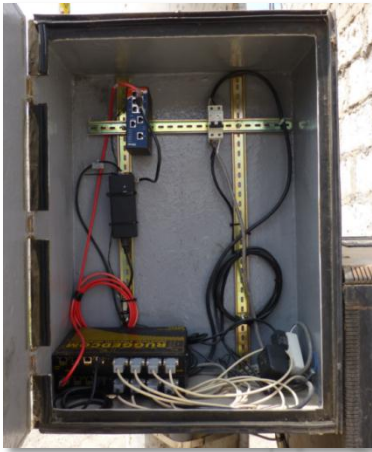
La arquitectura de red de la S.E.T Cocachacra se define en la figura 56, como se muestra a continuación.

Figura 56. Arquitectura de red de la SET Cocachacra.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 57. Tablero de comunicaciones de la SET Cocachacra**



**Fuente: Elaboración propia**

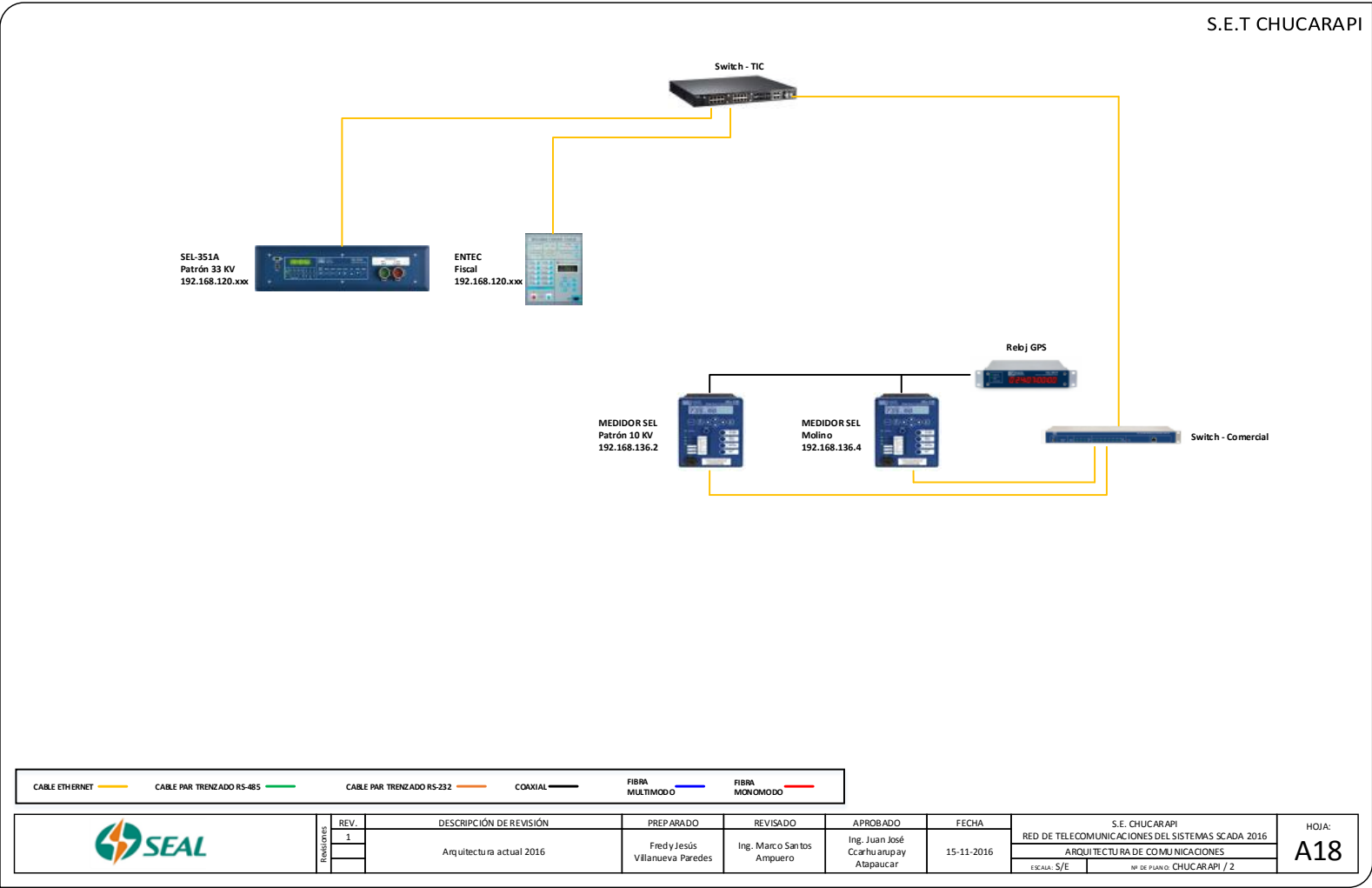
### **1.2.18 S.E.T CHUCARAPI**

En la subestación Chucarapi, no encontramos RTU, por lo que las señales se extraen directamente del relé de protección ENTEC del alimentador Fiscal y el relé SEL351A del patrón en 33kV del transformador de potencia, dichas señales son enviadas a través del switch de TIC hacia la RUT FOXBORO SCD5200 ubicada en parque Industrial desde donde se concentra y convierte el protocolo en IEC-104 para su integración al SCADA.

Finalmente tenemos dos medidores SEL730 correspondientes al patrón en 10kV del transformador de potencia, así como del alimentador el Molino, cuyos datos son retransmitidos por el switch SEL 2730M hacia el switch de TIC, para su correspondiente gestión remota.

La arquitectura de red de la S.E.T Chucarapi se define en la figura 58, como se muestra a continuación.

**Figura 58. Arquitectura de red de la SET Chucarapi.**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 59. Conexión del Reloj GPS**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.19 S.E.T CHILINA

La subestación de Chilina, una de las más grandes en cuanto a términos de equipamiento, se encuentra ubicada en las instalaciones de Egasa, siendo su topología de red básicamente la misma que en las subestaciones antes mencionadas.

Tenemos como nodo central el switch de TIC, hacia donde se conectan la RTU o red SCADA, la red de medidores y la red de transductores.

La red de relés de protección Team Artech que concentra los alimentadores S. Alegre, Yanahuara II, Independencia, A. Cayma, Bolognesi, P. Artesanal, Diamantes y el patrón en 10kV del transformador de potencia, se define como una red DNP3 RS-485 la cual mediante un conversor óptico se conecta a la RTU, a su vez, mediante sus puertos seriales se enlaza hacia un Port Server una comunicación Modbus RS-232, para la gestión mediante el software propietario.

Para los alimentadores San Lázaro I y San Lázaro II se tienen dos relés ABB RED670, conectados directamente al switch de TIC mediante una conexión Ethernet.

Además, para la protección y gestión de las líneas en 33kV, P. Industrial 1, P. Industrial 2, Jesús 1 y Jesús 2, se tienen equipos ABB RED670, los cuales están sincronizados con la red de medidores a través de un reloj GPS compartido, toda la información se transporta a través de un switch Ruggedcom RX1500 hacia el switch de comercial, para finalmente integrarse a la red corporativa.

La arquitectura de red de la S.E.T Chilina se define en la figura 60, como se muestra a continuación.

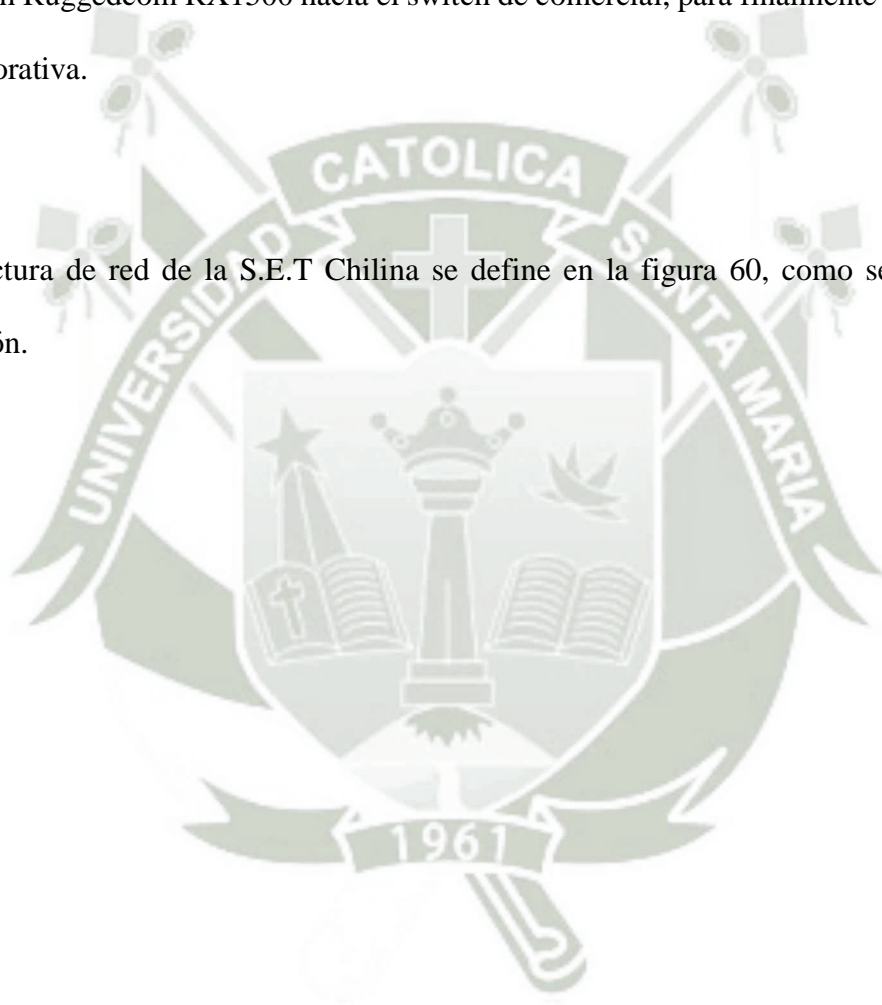
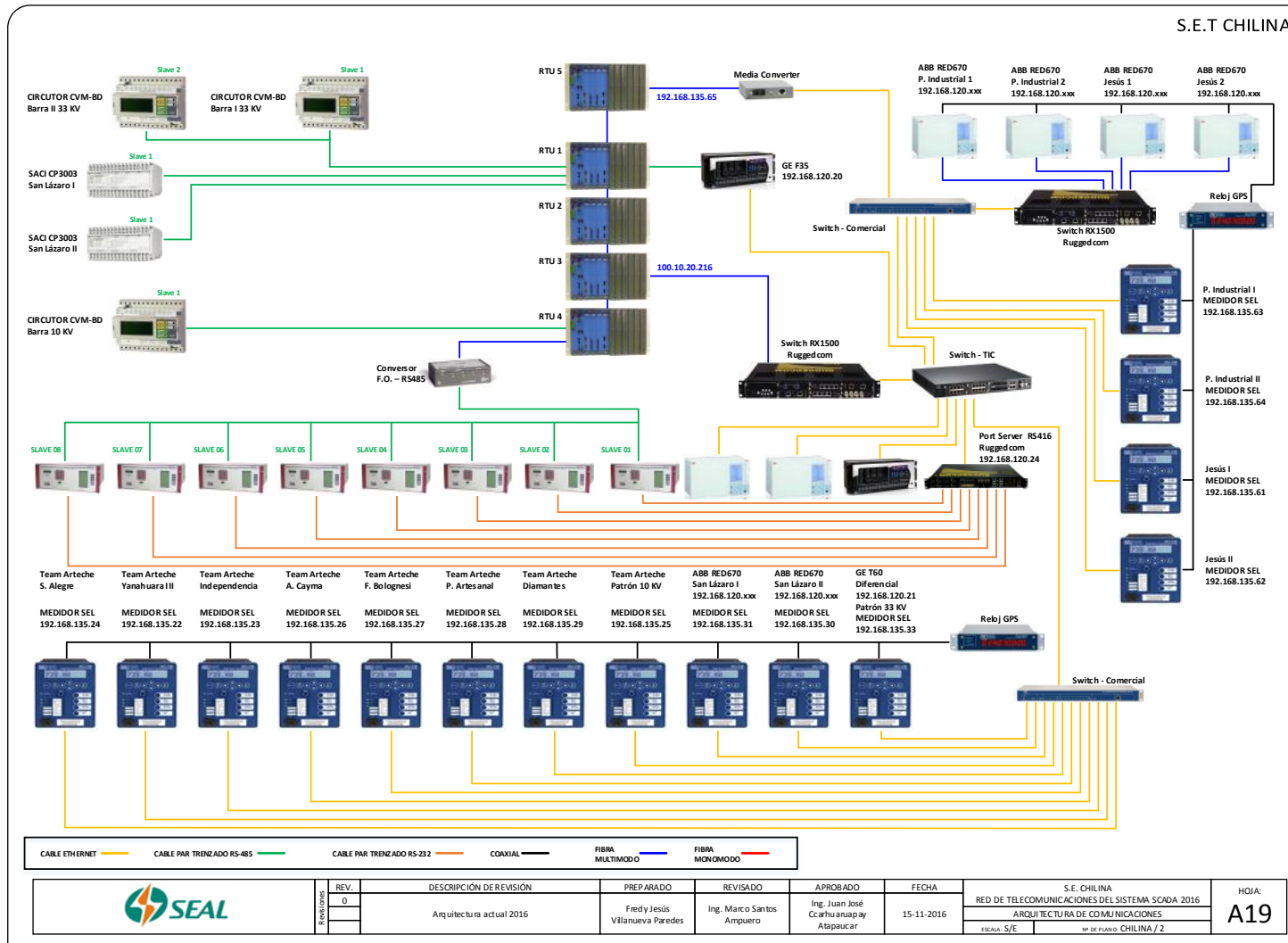


Figura 60. Arquitectura de red de la SET Chilina.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 61. Tablero de control de la SET Chilina**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 62. Tablero de control de la SET Chilina**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.20 S.E.T JESUS

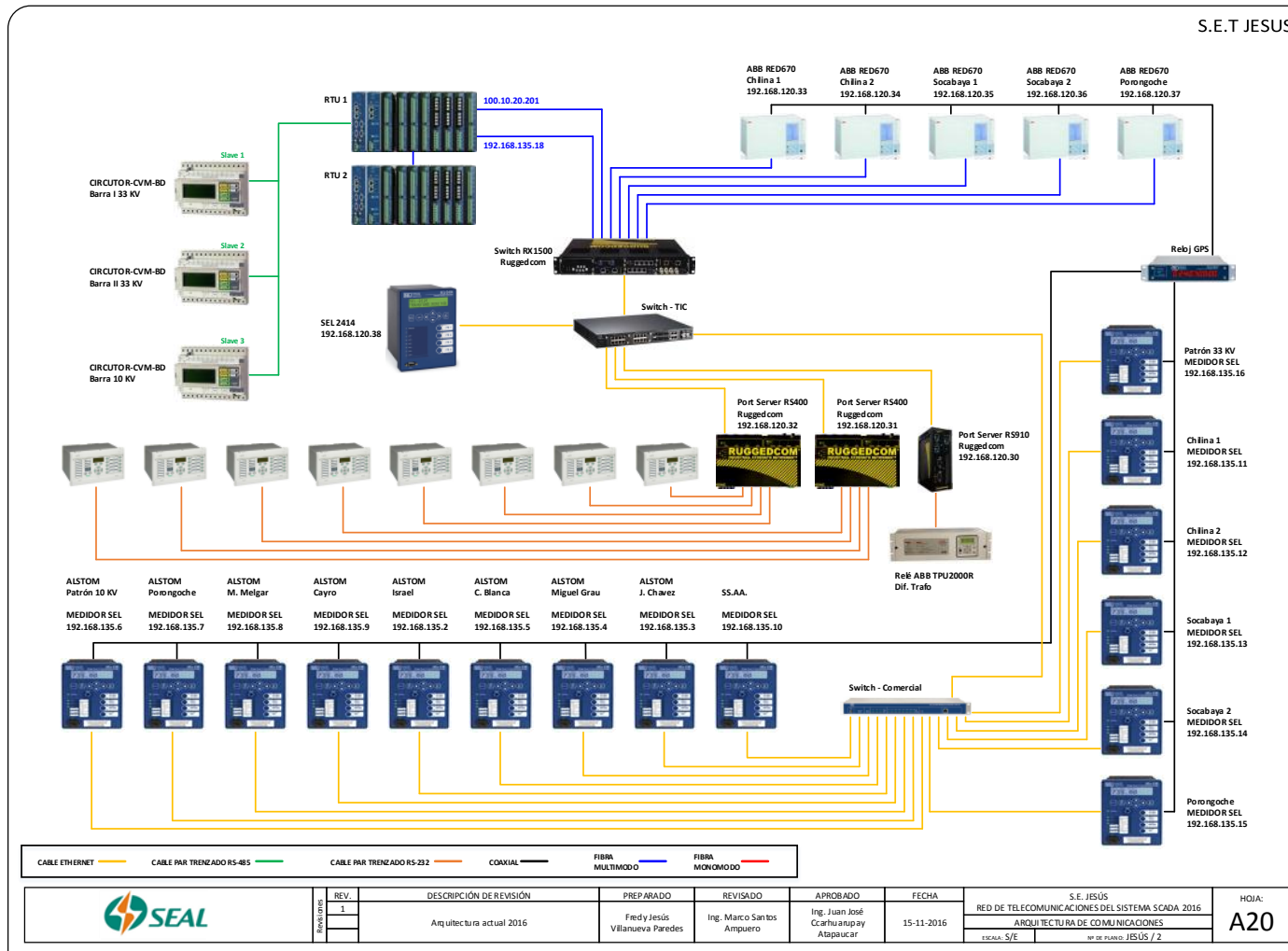
En la subestación de Jesús encontramos básicamente tres redes bien definidas, la primera referida a la red SCADA, gestionada a través de la RTU SEL AXION, a dicha red pertenecen los relés de protección ALSTOM correspondientes al patrón en 10kV del transformador de potencia, y a los alimentadores Porongoche, M. Melgar, Cayro, Israel, C. Blanca, Miguel Grau, J. Chávez, así como el relé de protección diferencial del transformador de potencia del cual se encarga un ABB TPU2000R.

Para la protección de las líneas en 33 kV, Chilina 1, Chilina II, Socabaya I, Socabaya II y Porongoche, se tienen instalados equipos ABB RED670, con sincronización mediante puerto IRIG-B.

Finalmente encontramos la red de medidores SEL735, todos directamente sincronizados y direccionados hacia el switch de TIC para su integración a la red corporativa.

La arquitectura de red de la S.E.T Jesús se define en la figura 63, como se muestra a continuación.

Figura 63.Arquitectura de red de la SET Jesús



Fuente: Elaboración propia

**Figura 64. Tablero de control y comunicaciones de la SET Jesús**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.21 S.E.T PORONGOCHÉ

En la subestación Porongoche encontramos la misma configuración que en las subestaciones anteriormente mencionadas, donde una RTU COM600 concentra la información procedente de los relés de protección ABB REF630, que corresponden a los alimentadores en 10kV Acople C.C, La Isla, Pizarro, Alimentador 02, Alimentador 01, P. Lambramani, Jesús y SS. AA, además de la protección diferencial y los patrones en 10 y 33kV del transformador de potencia.

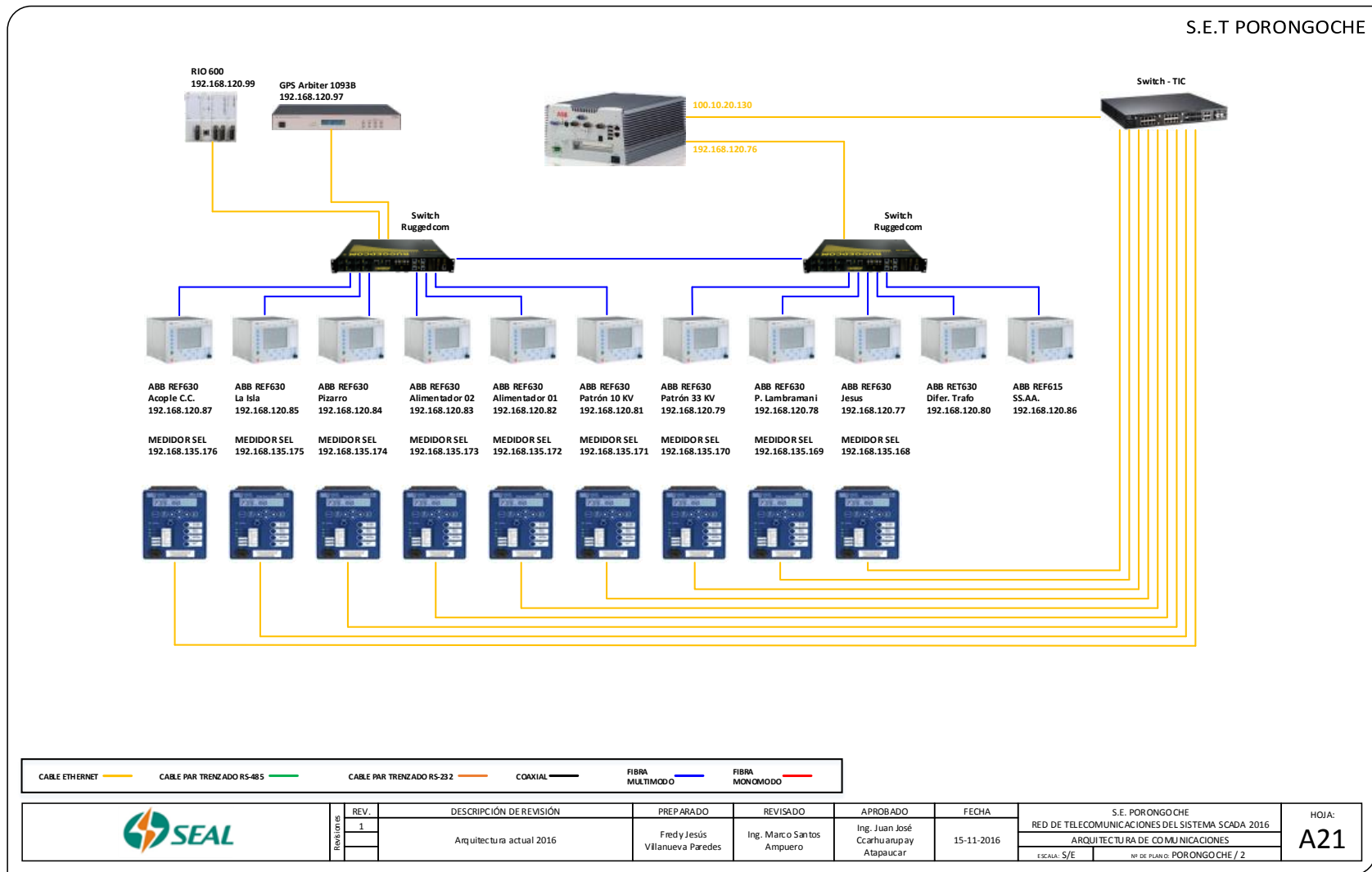
Todos estos dispositivos debidamente sincronizados mediante un GPS Arbiter 1093B.

Cabe resaltar que la red de medidores SEL 734 de los alimentadores anteriormente mencionados se conectan mediante puerto Ethernet a switch de TIC el cual actúa como nodo central de la red.

La arquitectura de red de la S.E.T Porongoche se define en la figura 65, como se muestra a continuación.



Figura 65.Arquitectura de red de la SET Porongoche



Fuente: Elaboración propia

**Figura 66. Tablero de comunicaciones de la SET Porongoche**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 67. Relé de protección y medidor**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.22 S.E.T PARQUE LAMBRAMANI

La configuración de red en la subestación Parque Lambramani es exactamente la misma que en la subestación Porongoche puesto que fueron parte de un mismo proyecto, en el encontramos una red de relés de protección con equipos ABB REF630 que corresponden a los alimentadores Acople C.C, Alimentador 04, Alimentador 03, Goyeneche, Porongoche, SS.AA, así como la protección diferencial y los patrones en 10 y 33kV del transformador de potencia, con la única diferencia que esta subestación cuenta con un relé de monitorización SEL2414.

Finalmente, la red de medidores se conecta directamente hacia los puertos Ethernet del nodo central de red de la subestación.

La arquitectura de red de la S.E.T Parque Lambramani se define en la figura 68, como se muestra a continuación.

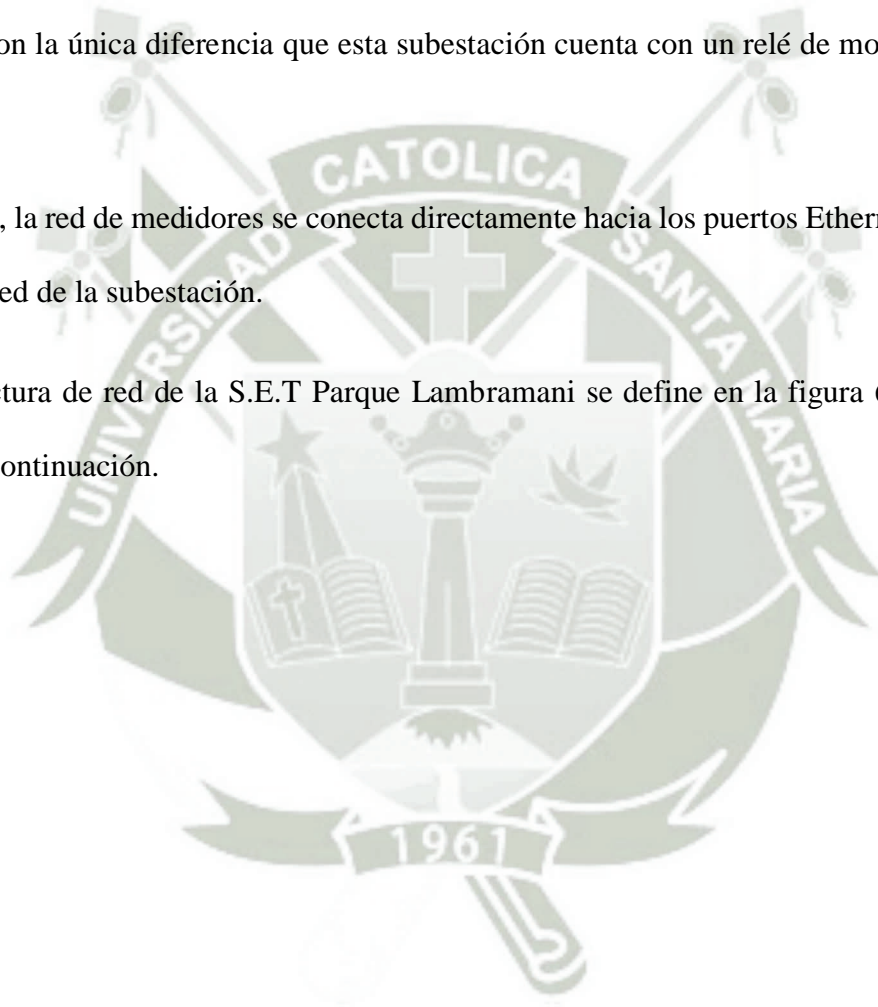
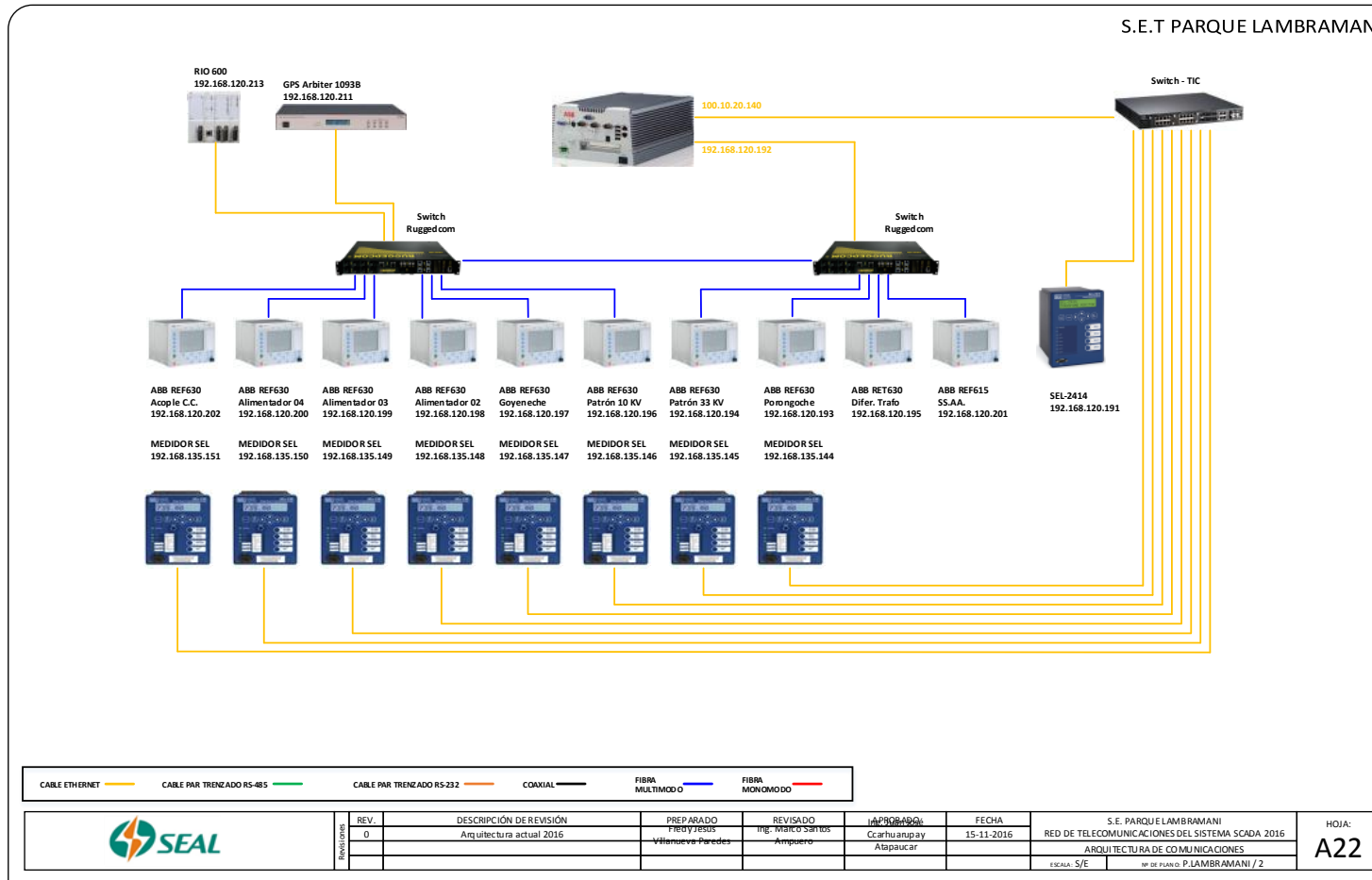


Figura 68. Arquitectura de red de la SET Parque Lambramani



Fuente: Elaboración propia

**Figura 69. Tablero HMI de la SET Parque Lambramani**

**Fuente: Elaboración propia**

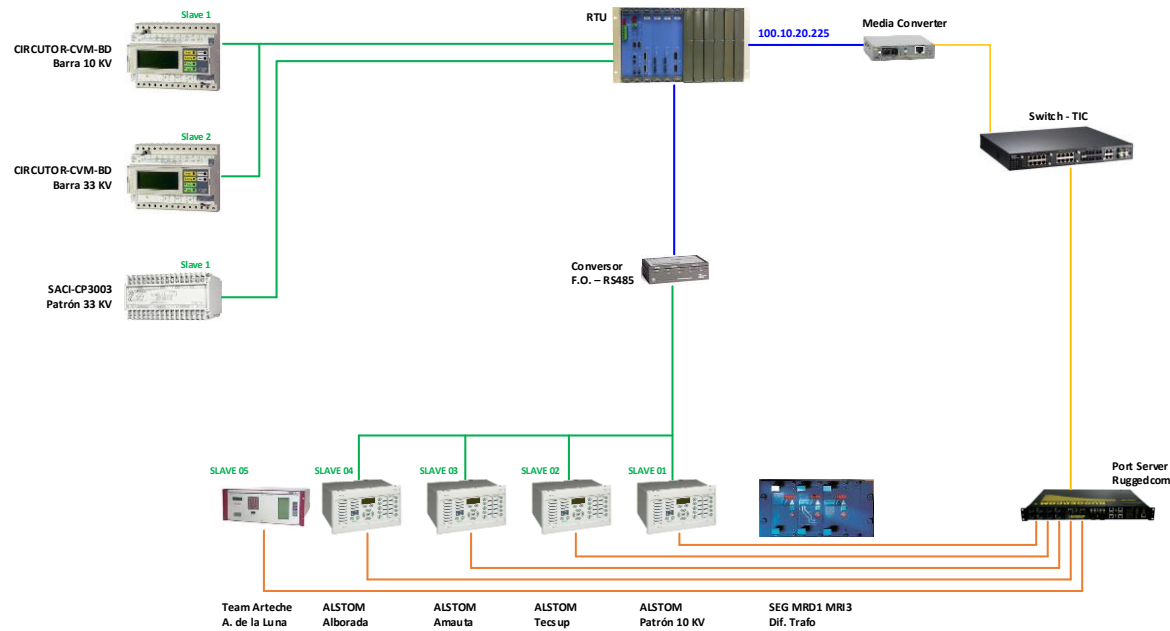
### 1.2.23 S.E.T PAUCARPATA

En la subestación Paucarpata encontramos una RTU FOXBORO SCD5200 que gestiona hacia la red del sistema SCADA, tanto los transductores como los relés de protección ALSTOM mediante una red DNP3 RS-485 a través de un convertor de RS-485 a fibra óptica correspondientes a los alimentadores en 10kV A. de la Luna, Alborada, Amauta, Tecsup y el patrón en 10 kV del transformador de potencia, cabe resaltar que un relé SEGMRD1 MRI3 que se encarga de la protección diferencial del transformador de potencia no se encuentra enlazado a la red del SCADA

La arquitectura de red de la S.E.T Paucarpata se define en la figura 70, como se muestra a continuación.

Figura 70. Arquitectura de red de la SET Paucarpata.





	REVISIÓN	REV. 1	DESCRIPCIÓN DE REVISIÓN	PREPARADO	REVISADO	APROBADO	FECHA	S.E. PAUCARPATA RED DE TELECOMUNICACIONES DEL SISTEMA SCADA 2016		HOJA: <b>A23</b>
			Arquitectura actual 2016	Fredy Jesús Villanueva Paredes	Ing. Marco Santos Ampuero	Ing. Juan José Ccañuatauy Atapaucar	15-11-2016	ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES ESCALA: S/E Nº DE PLANO: PAUCARPATA / 2		

Fuente: Elaboración propia

**Figura 71. Tablero de control y comunicaciones de la SET Paucarpata**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **1.2.24 S.E.T REAL PLAZA**

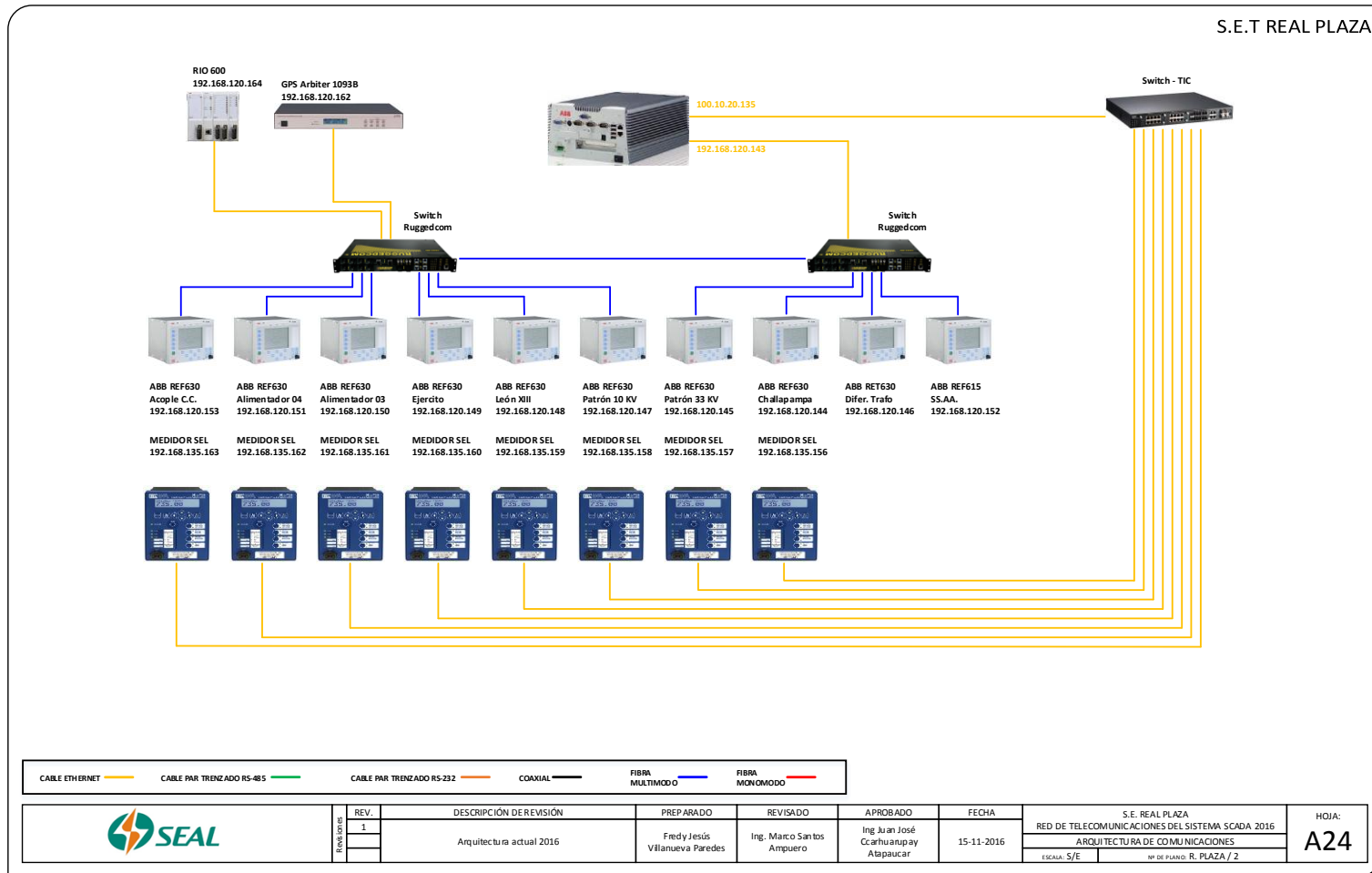
En la subestación Real Plaza, encontramos una RTU ABB COM600 que concentra la red de relés de protección ABB REF630 correspondiente a los alimentadores Acople C.C, Alimentador 04, Alimentador 03, Ejercito, León XIII y Challapampa, así como los patrones en 33 y 10kV y la protección diferencial del transformador de potencia, para la protección de SS. AA tenemos un relé ABB REF615, todo en protocolo DNP3.

La red de medidores se conecta directamente hacia el switch de TIC para su enlace a la red corporativa de la empresa.

La arquitectura de red de la S.E.T Real Plaza se define en la figura 72, como se muestra a continuación.

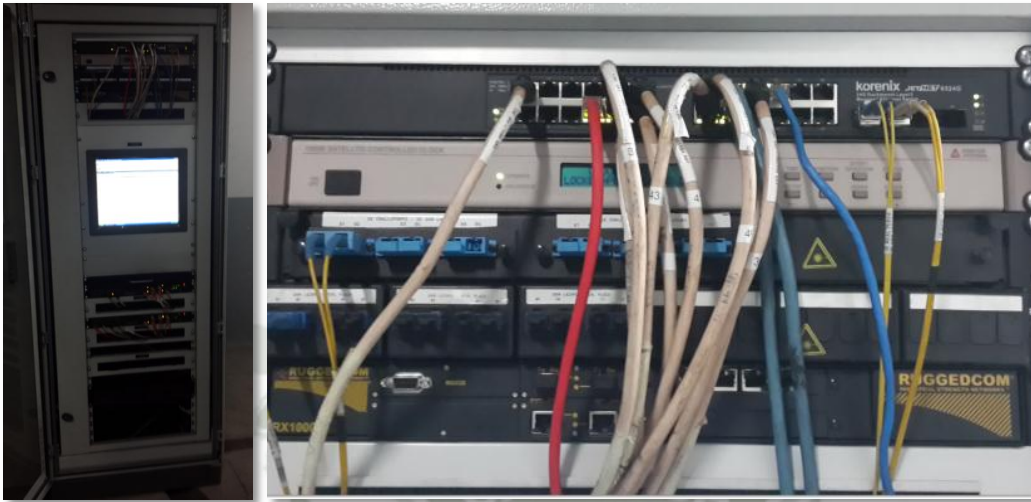


Figura 72. Arquitectura de red de la SET Real Plaza.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 73. Tablero de control y de comunicaciones de la SET Real Plaza**



**Fuente: Elaboración propia**

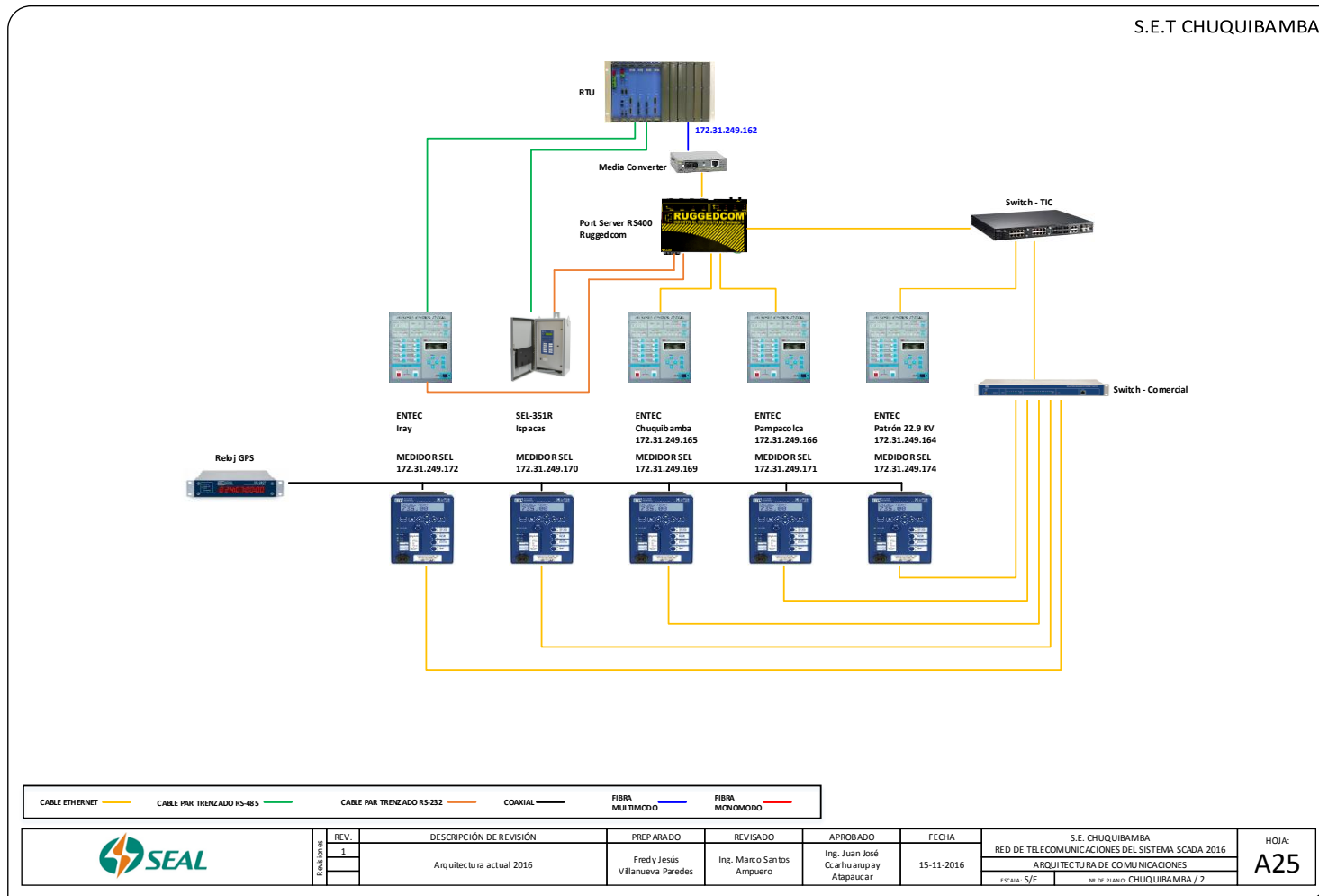
### 1.2.25 S.E.T CHUQUIBAMBA

En la subestación de Chuquibamba, la comunicación se da de manera satelital, en ella encontramos una RTU FOXBORO SCD5200, la cual concentra los datos provenientes de los relés de protección ENTEC pertenecientes a los alimentadores en 22.9kV Iray, Chuquibamba, Pampacolca y el patrón en 22.9kV del transformador de potencia, para el alimentador en 22.9kV Ispacas, tenemos un relé SEL-351R.

La red de medidores SEL735 se concentra un en switch dedicado, para luego pasar al switch de TIC enlazándolos a la red corporativa.

La arquitectura de red de la S.E.T Chuquibamba se define en la figura 74, como se muestra a continuación.

Figura 74. Arquitectura de red de la SET Chuquibamba.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 75. Tablero de control de la SET Chuquibamba**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 76. Tablero de comunicaciones de la SET Chuquibamba**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.26 S.E.T CORIRE

En la subestación Corire, tenemos una RTU FOXBORO SCD5200 que concentra dos relés ENTEC pertenecientes a los alimentadores en 13.2 KV Corire y Torán, mientras que para la protección del patrón en 13.2 kV tenemos un relé SEL-351R. Un Port Server convierte la comunicación serial DNP3 en TCP/IP Ethernet para su correspondiente enlace al nodo central de red de la subestación.

La red de medidores SEL735 se conecta a un switch dedicado para luego ser enlazado al switch de TIC debidamente sincronizado mediante un reloj GPS.

La arquitectura de red de la S.E.T Corire se define en la figura 77, como se muestra a continuación.

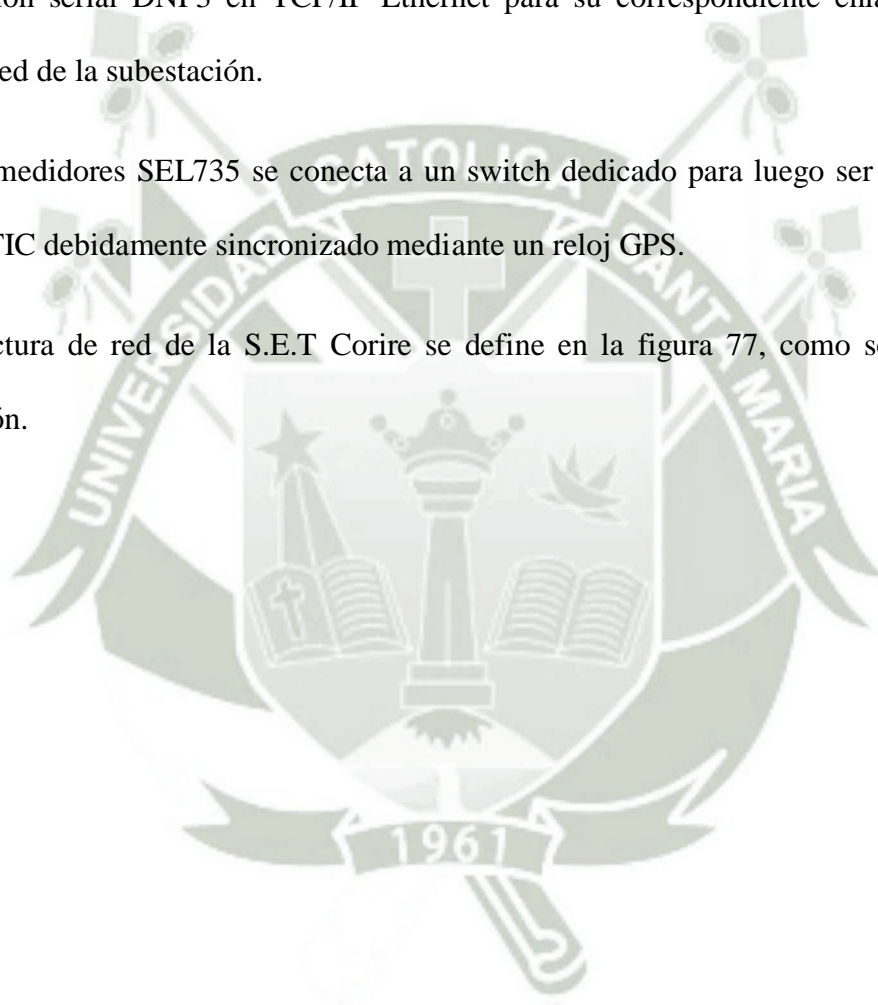
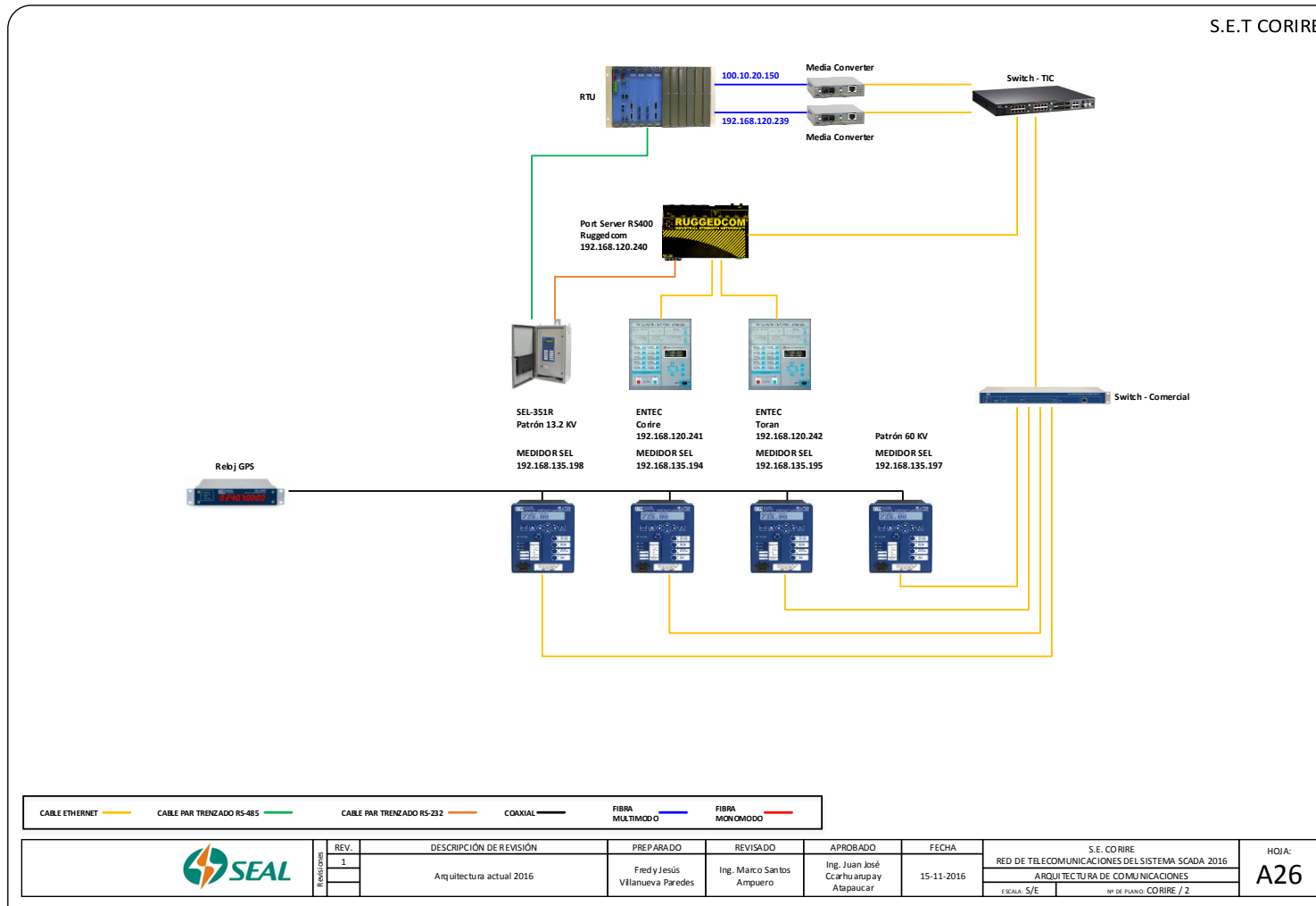


Figura 77. Arquitectura de red de la SET Corire.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 78. Tablero de comunicación de la SET Corire**



**Fuente: Elaboración propia**



### 1.2.27 S.E.T MAJES

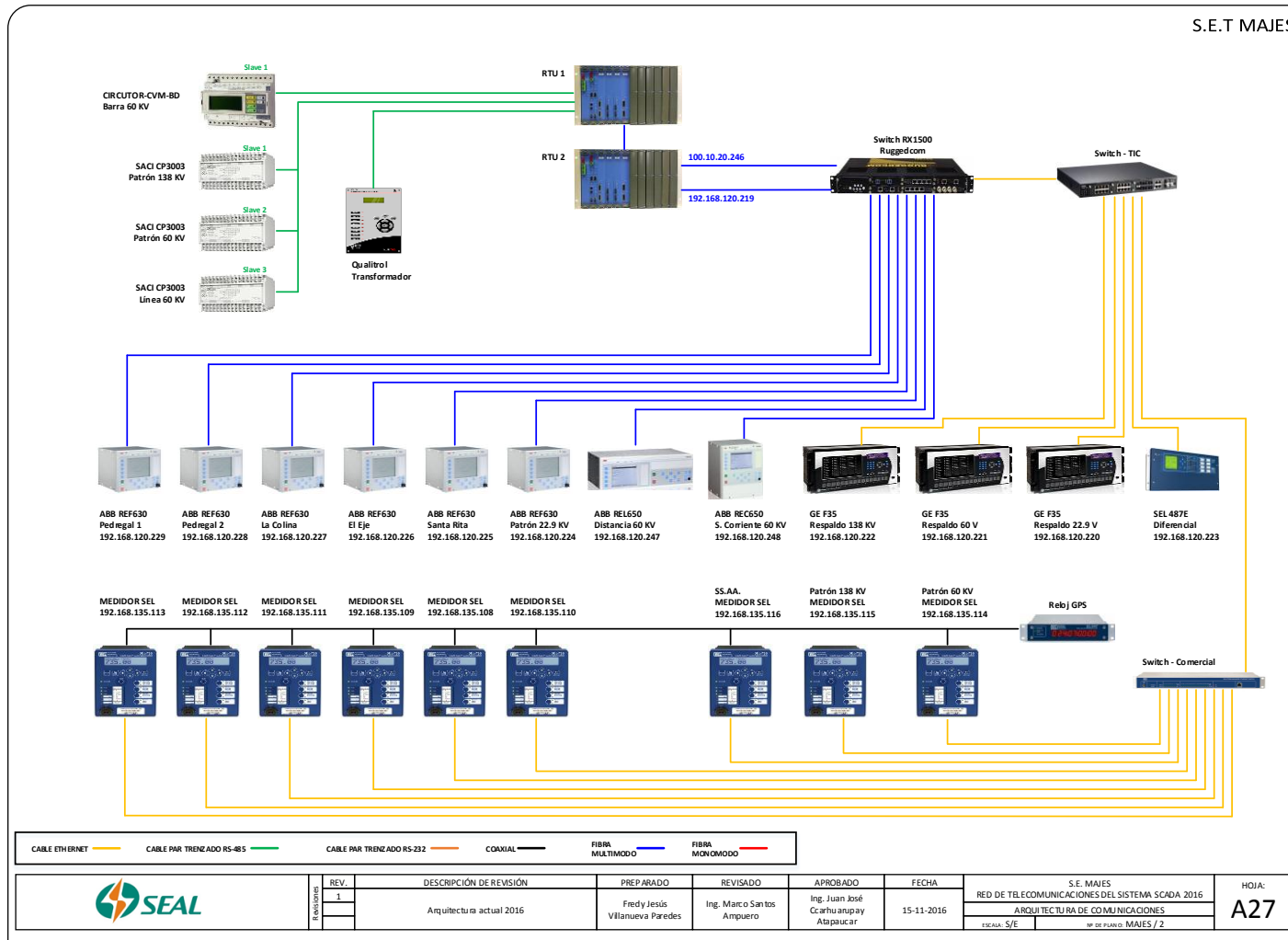
En la subestación de Majes encontramos una RTU FOXBORO SCD5200 que gestiona una red de relés ABB REF630 correspondientes a los alimentadores en 22.9kV Pedregal 1, Pedregal 2, La Colina, El Eje, Santa Rita y el patrón 22.9kV del transformador de potencia, la protección de distancia la maneja un relé ABB REL650, la protección por sobre corriente en 60kV es regida por el relé REC650, la protección diferencial es comandada por el relé SEL487E, la protección de respaldo para cada uno de los patrones del transformador de potencia se gestiona a través de tres relés GE F35.

Un relé de temperatura Qualitrol y transductores de corriente, se conectan a la RTU mediante una red DNP3 RS-485.

Finalmente tenemos una red de medidores SEL735 para cada uno de los patrones y alimentadores antes mencionados, los cuales se conectan a la red corporativa de la empresa a través del switch de TIC.

La arquitectura de red de la S.E.T Majes se define en la figura 79, como se muestra a continuación.

**Figura 79. Arquitectura de red de la SET Majes.**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 80. Tablero de control de la SET Majes**

**Fuente: Elaboración propia**

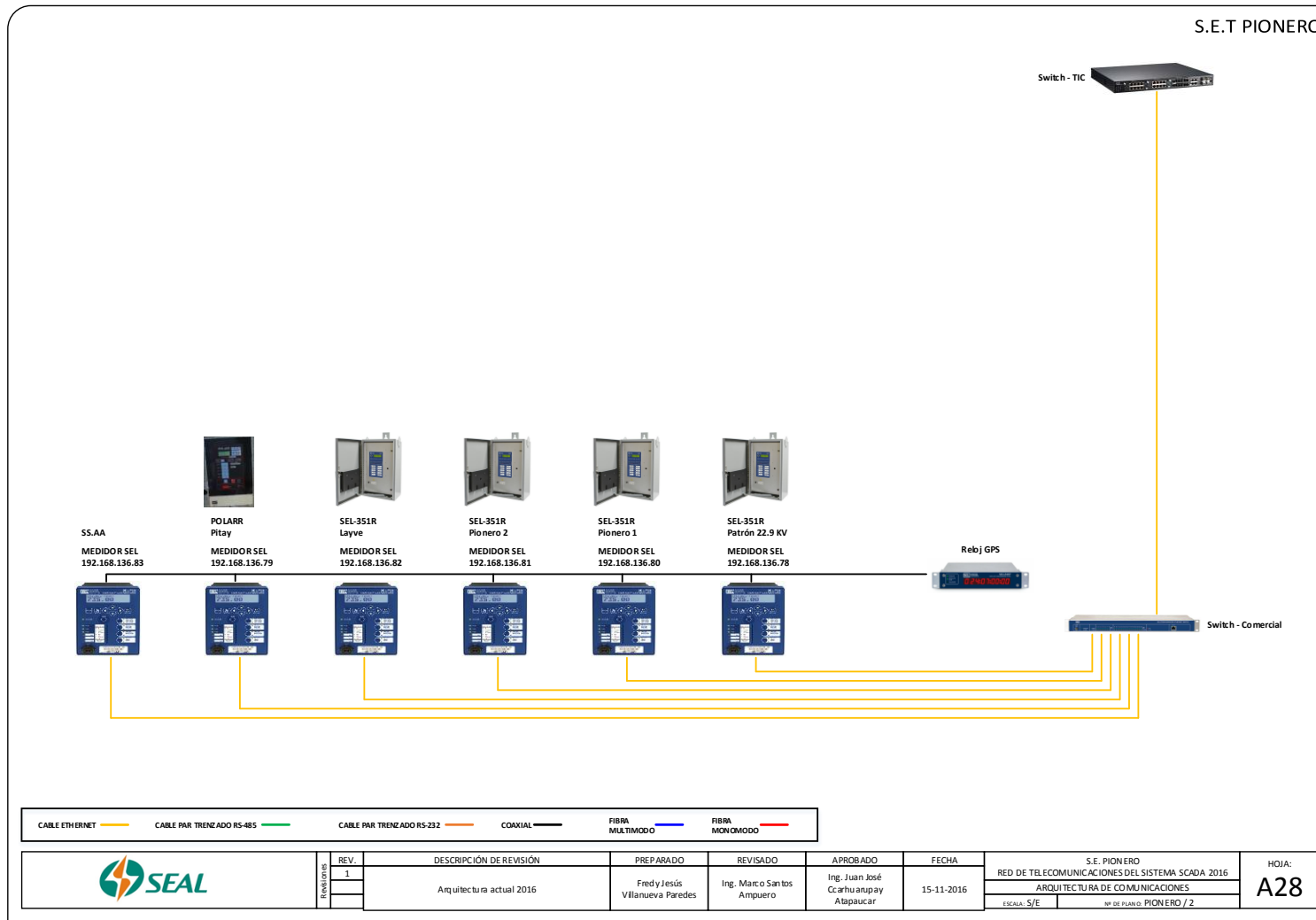
### **1.2.28 S.E.T PIONERO**

En la subestación pionero se tienen relés de protección SEL-351R correspondientes a los alimentadores en 22.9kV Layve, Pionero 2, Pionero 1, así como el patrón 22.9kV del transformador de potencia, para el alimentador Pitay de tiene un relé POLARR, sin embargo, cabe resaltar que ninguno de estos alimentadores está conectados a la red corporativa por ende no se encuentran integrados al sistema SCADA de la empresa.

Finalmente, los medidores SEL 735 se encuentran conectados a la red corporativa con su respectiva sincronización a través de un reloj GPS.

La arquitectura de red de la S.E.T Pionero se define en la figura 81, como se muestra a continuación.

**Figura 81. Arquitectura de red de la SET Pionero.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 82. Tablero de medidores de la SET Pionero**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 83. Conexionado del tablero de medidores de la SET Pionero**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.29 S.E.T BELLA UNION

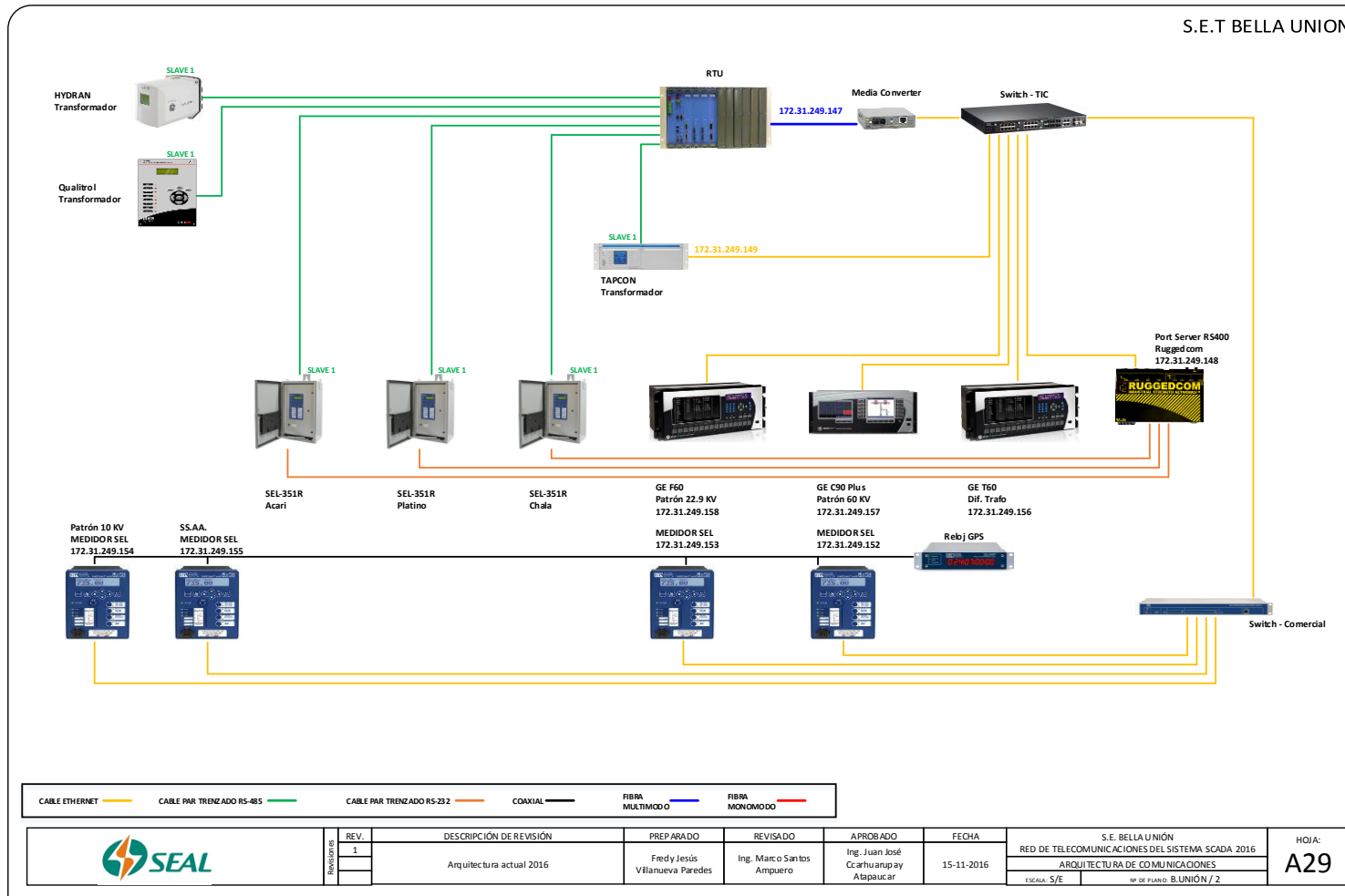
En la subestación de Bella Unión, encontramos una RTU FOXBORO SCD5200, a la cual mediante comunicación serial DNP3 RS-485 tres relés SEL-351R correspondientes a los alimentadores en 22.9kV Acari, Platino, Chala además del Tapcom, el cual mide la posición de TAP del transformador y los relés de temperatura y humedad HYDRAN y Qualitrol, reportan al sistema SCADA a través de dicho dispositivo.

Un relé GE F60 correspondiente a la protección del patrón en 22.9kV, un relé GE C90 Plus del lado de 60kV y un relé GE T60 encargado de la protección diferencial se enlazan directamente al switch de TIC.

Finalmente, la red de medidores tiene básicamente la misma configuración que en las subestaciones anteriormente mencionadas, donde los cuatro medidores SEL 735 correspondientes a los patrones en 10kV, 22.9kV y 60kV, así como de los SS. AA se enlazan a la red corporativa a través del nodo central.

La arquitectura de red de la S.E.T Bella Unión se define en la figura 84, como se muestra a continuación.

Figura 84. Arquitectura de red de la SET Bella Unión



Fuente: Elaboración propia

**Figura 85. Tablero de control y de comunicación de la SET Bella Unión**



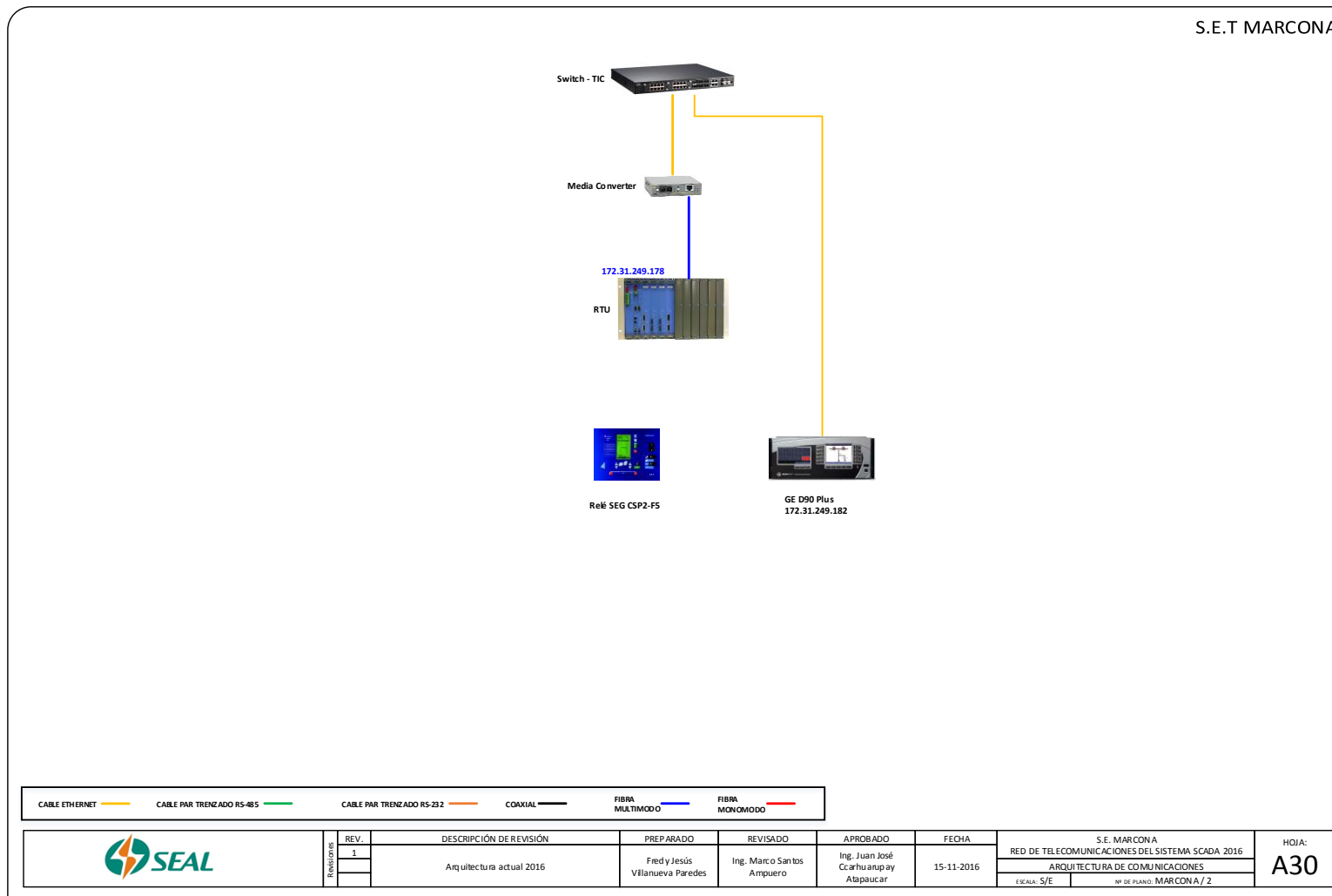
**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.30 S.E.T MARCONA

En la subestación Marcona encontramos una RTU FOXBORO SCD5200 y un relé GE D90 Plus que protege la línea Marcona-Bella Unión en 60kV, también tenemos un relé SEG CSP2 – F5 pero que no se encuentra conectado a la red corporativa.

La arquitectura de red de la S.E.T Marcona se define en la figura 86, como se muestra a continuación.

Figura 86. Arquitectura de red de la SET Marcona.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 87. Tablero de control de la SET Marcona**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 88. Tablero de comunicaciones de la SET Marcona**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.31 S.E.T CARAVELI

En la subestación de Caraveli, tenemos una RTU FOXBORO SCD5200 que regenta mediante protocolo DNP3 RS-485 cuatro relés de protección correspondiente a los alimentadores en 10kV de Caraveli y Churumo, así como de los patrones en 33 y 10kV del transformador de potencia, dichos equipos se conectan también hacia un Port Server RS400 mediante conexiones punto a punto Modbus RS-232 para la gestión remota mediante el software propietario.

Finalmente, mediante un switch de TIC enlazamos la red de la subestación hacia la red corporativa para su posterior control y gestión.

La arquitectura de red de la S.E.T Caraveli se define en la figura 89, como se muestra a continuación.

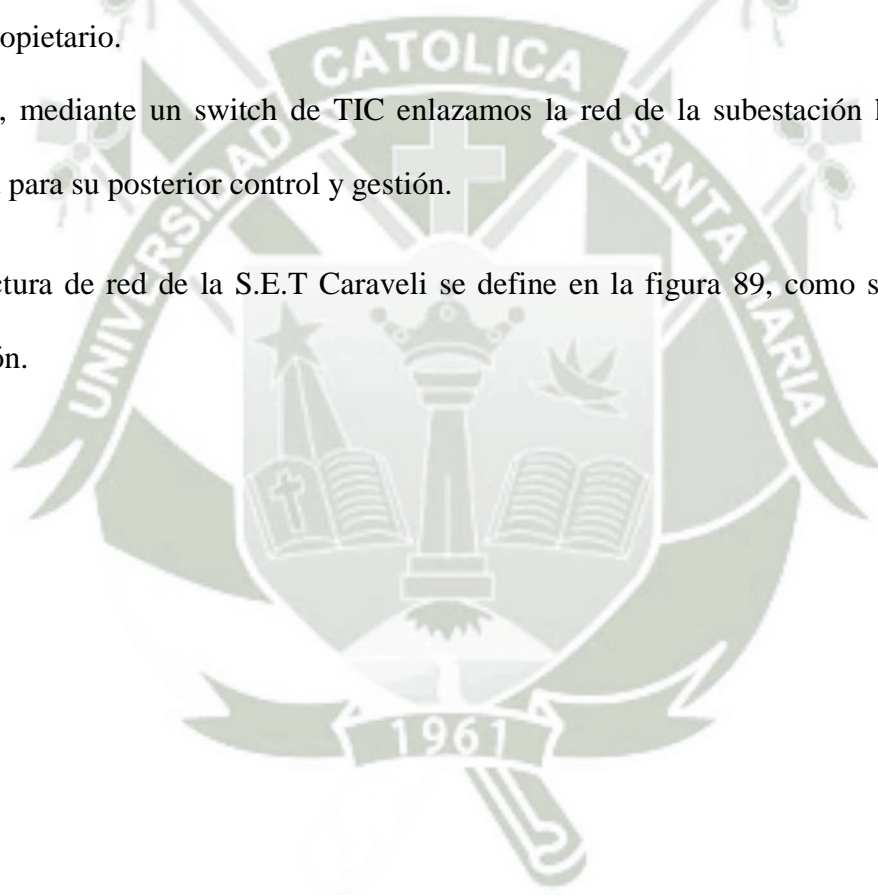
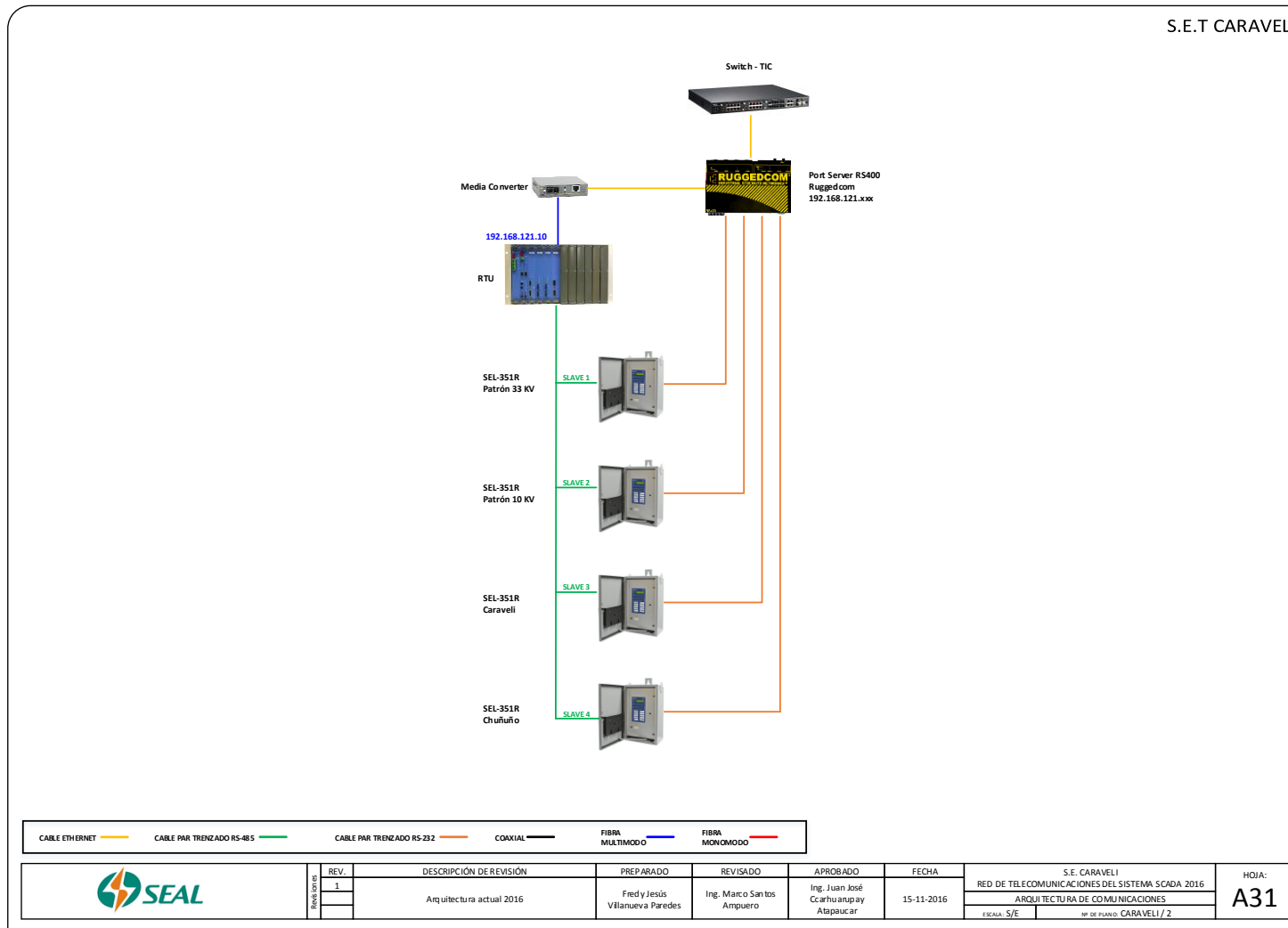


Figura 89. Arquitectura de red de la SET Caraveli.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 90. Tablero de comunicaciones de la SET Caraveli**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 91. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET Caraveli**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.32 S.E.T OCOÑA

En la subestación de Ocoña, encontramos una RTU FOXBORO SCD5200 que gestiona dos relés de protección NOJA y ENTEC pertenecientes a las líneas en 33kV Caraveli y el patrón en 10KV del transformador de potencia correspondientemente, ambos mediante una red DNP3 RS-485. También cuentan con una red punto a punto Modbus RS-232 que se conectan a un Port Server RS400 para su gestión remota mediante el software propietario.

Adicionalmente tenemos dos relés ENTEC para la protección de la línea en 33kV Jahuay, así como el patrón en 33 kV del transformador de potencia y un relé de fabricación china que protege la Salida III en 33kV. Todo se concentra en el switch de TIC para su integración a la red corporativa de la empresa.

La arquitectura de red de la S.E.T Ocoña se define en la figura 92, como se muestra a continuación.

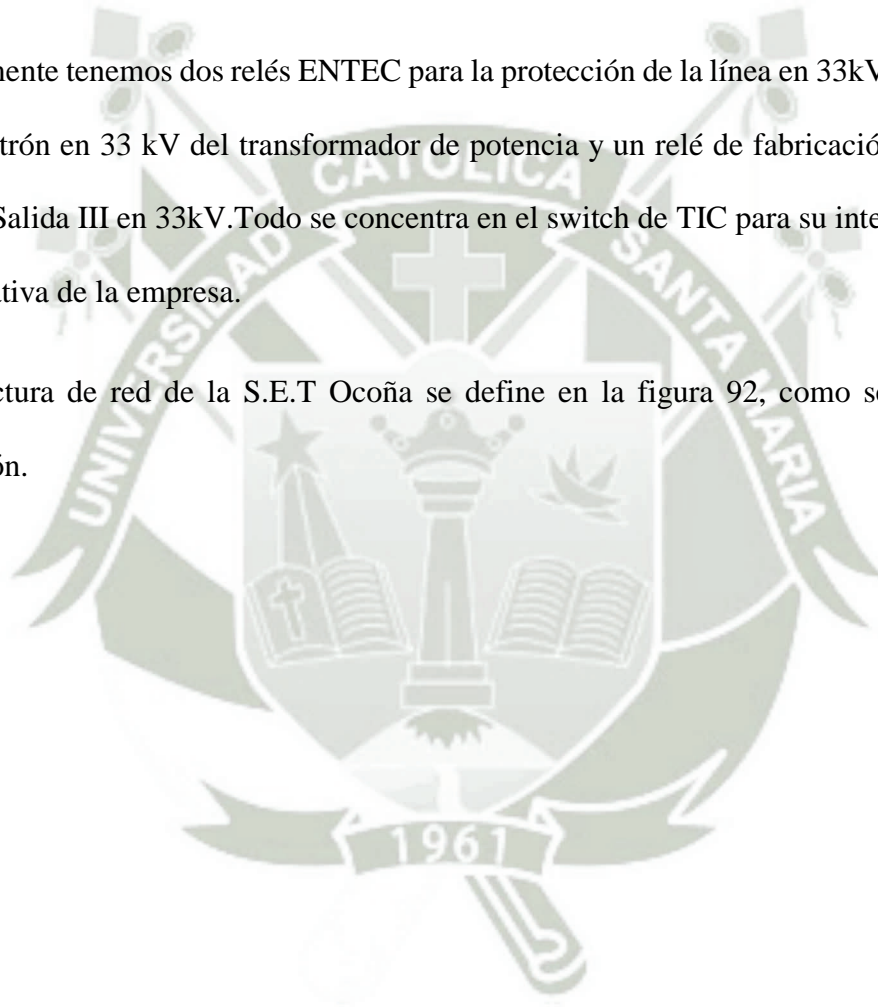
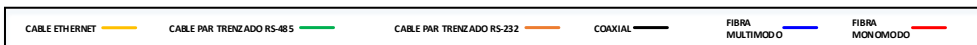
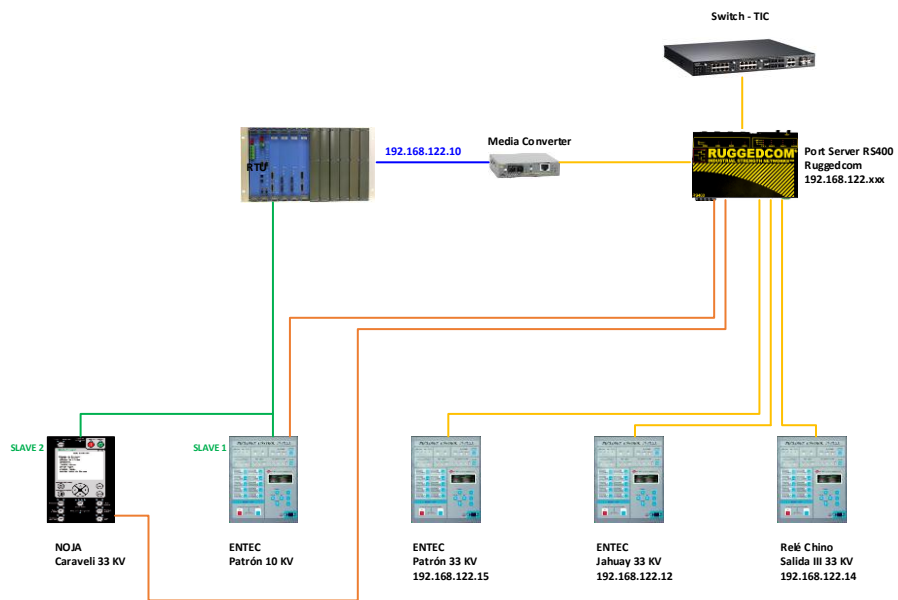



Figura 92. Arquitectura de red de la SET Ocoña.





	REV.	DESCRIPCIÓN DE REVISIÓN	PREPARADO	REVISADO	APROBADO	FECHA	S.E. OCOÑA	HOJA: <b>A32</b>
	1	Arquitectura actual 2016	Fredy Jesús Villanueva Paredes	Ing. Marcos Santos Ampuero	Ing. Juan José Ccarhu anupay Atapaucar	15-11-2016	RED DE TELECOMUNICACIONES DEL SISTEMA SCADA 2016	
	ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES							
							ESCALA: S/E	Nº DE PLANO: OCOÑA / 2

Fuente: Elaboración propia

**Figura 93. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET Ocoña**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 94. Tablero de comunicaciones de la SET Ocoña**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2.33 S.E.T CAMANA

En la subestación de Camaná, al ser una de las más grandes de la concesión, se pone especial interés a las señales que se replican y mandos que se realizan desde el sistema SCADA, en especial porque en esta subestación se encuentra un transformador de 138kV.

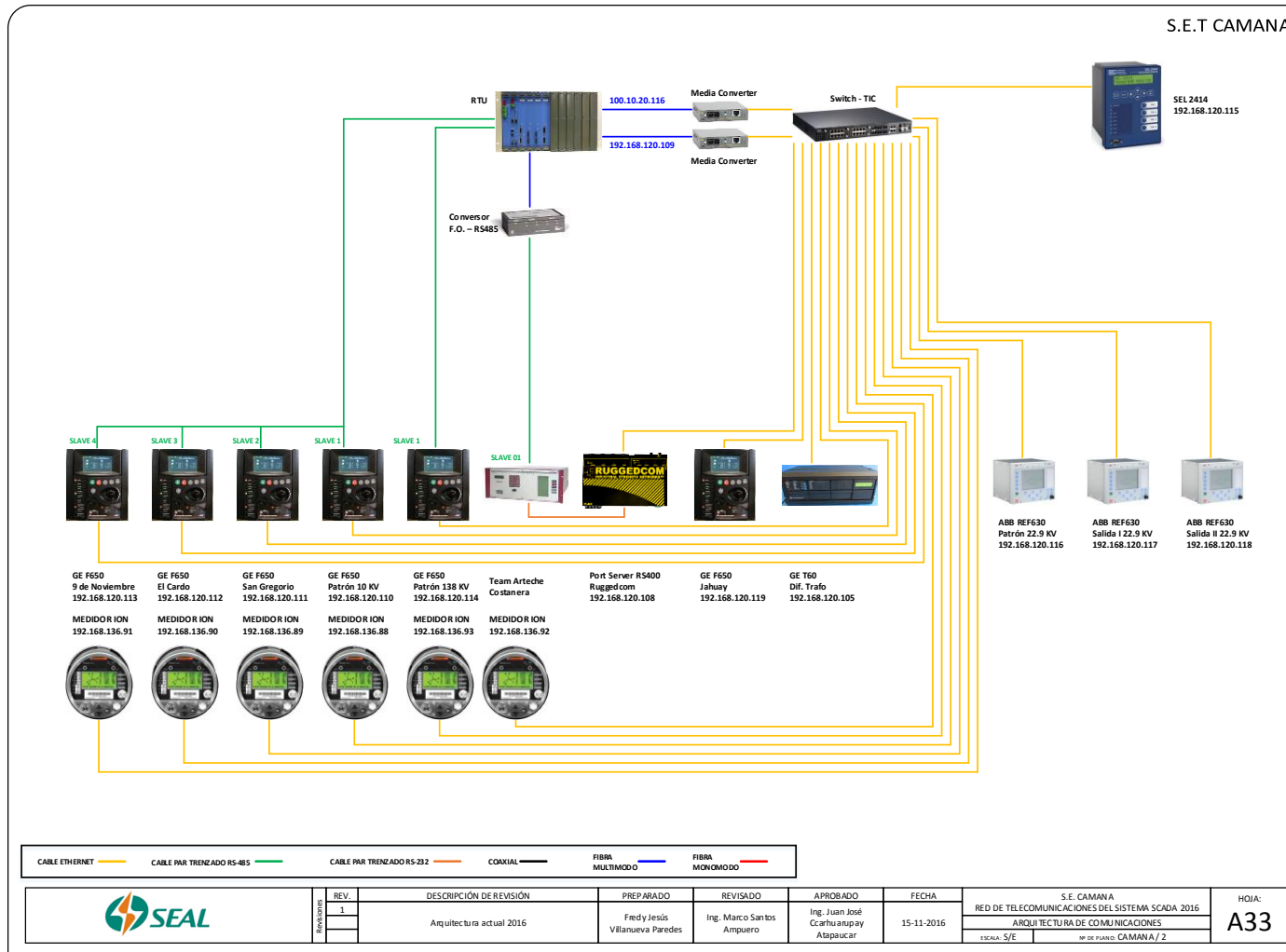
Para la gestión y control de los alimentadores 9 de noviembre, Jahuay, El Cardo, San Gregorio, así como los patrones en 10kV y 138kV, mediante relés GE F650, también hay un relé Team Artech correspondiente al alimentador Costanera y un relé GE T60 encargado de la protección diferencial de transformador de potencia, todos ellos enlazados a una RTU FOXBORO SCD5200 para la gestión remota mediante la red SCADA.

Para la protección del patrón y de las líneas en 22.9kV se tienen instalados relés ABB REF670, un relé SEL2414 de monitorización del transformador de potencia completa el sistema de protección.

Finalmente, la red de medidores se encuentra enlazada directamente al switch de TIC mediante sus puertos Ethernet para su gestión remota mediante el software propietario.

La arquitectura de red de la S.E.T Camaná se define en la figura 95, como se muestra a continuación.

Figura 95. Arquitectura de red de la SET Camaná.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 96. Tablero de comunicaciones de la SET Camaná**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 97. Tablero de control de la SET Camaná**



**Fuente: Elaboración propia**

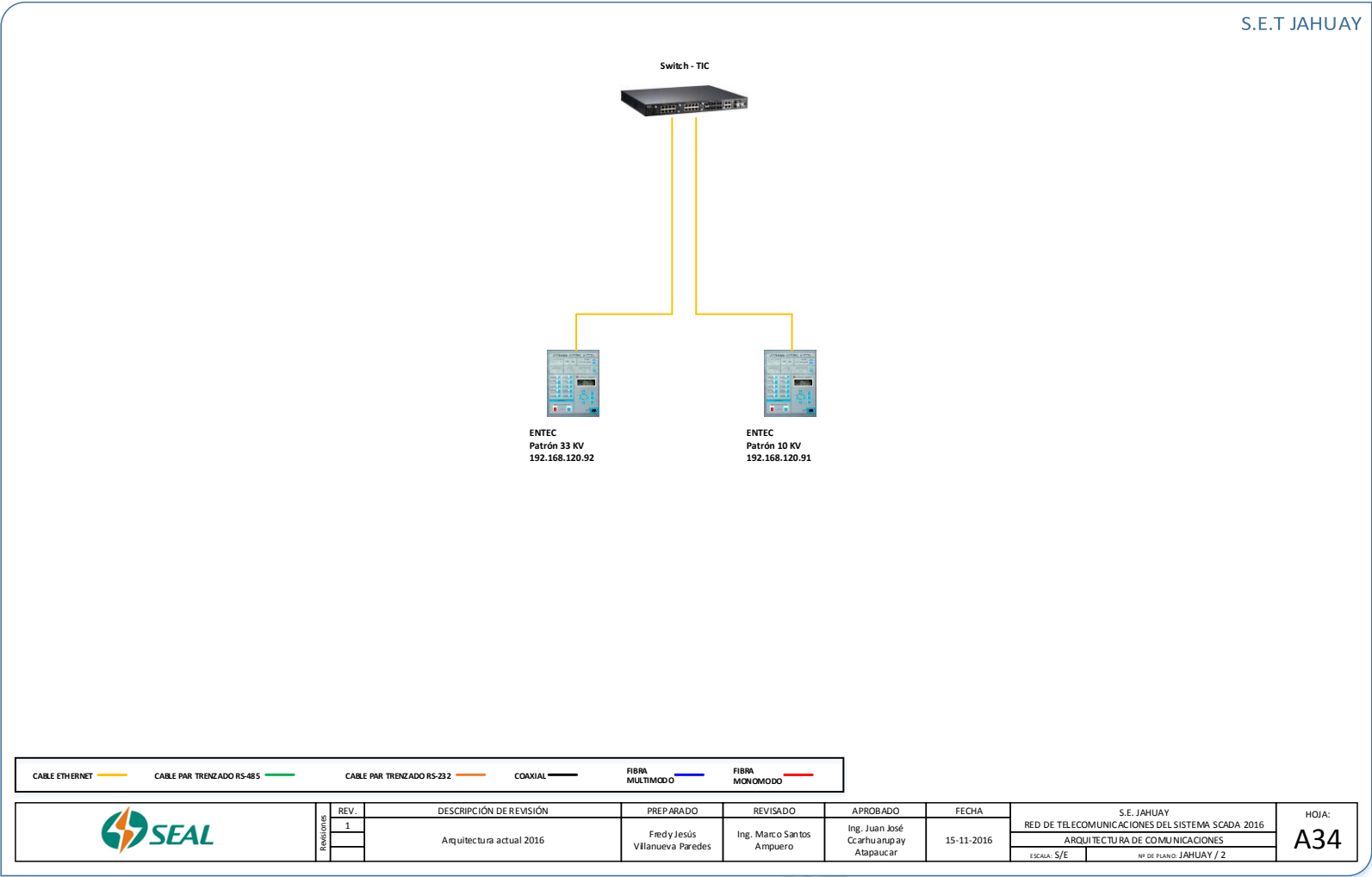
### 1.2.34 S.E.T JAHUAY

La subestación de Jahuay reporta al SCADA mediante protocolo DNP3/ TCP hacia una RTU FOXBORO SCD5200 ubicada en el centro de control en el Parque Industrial, en esta subestación se controlan dos relés ENTEC correspondientes al patrón en 33 kV y 10 kV del transformador de potencia, todo a través del switch de TIC que se encarga de enlazarlos a la red corporativa de la empresa.

La arquitectura de red de la S.E.T Jahuay se define en la figura 98, como se muestra a continuación.



Figura 98. Arquitectura de red de la SET Jahuay.



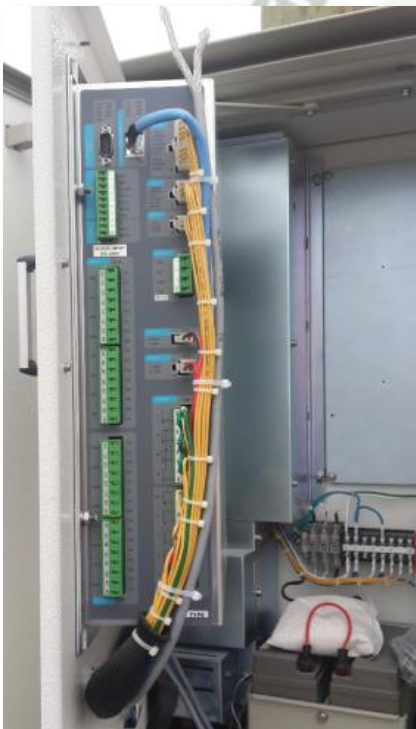
Fuente: Elaboración propia

**Figura 99. Tablero de comunicación de la SET Jahuay**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 100. Conexión ENTEC**



**Fuente: Elaboración propia**

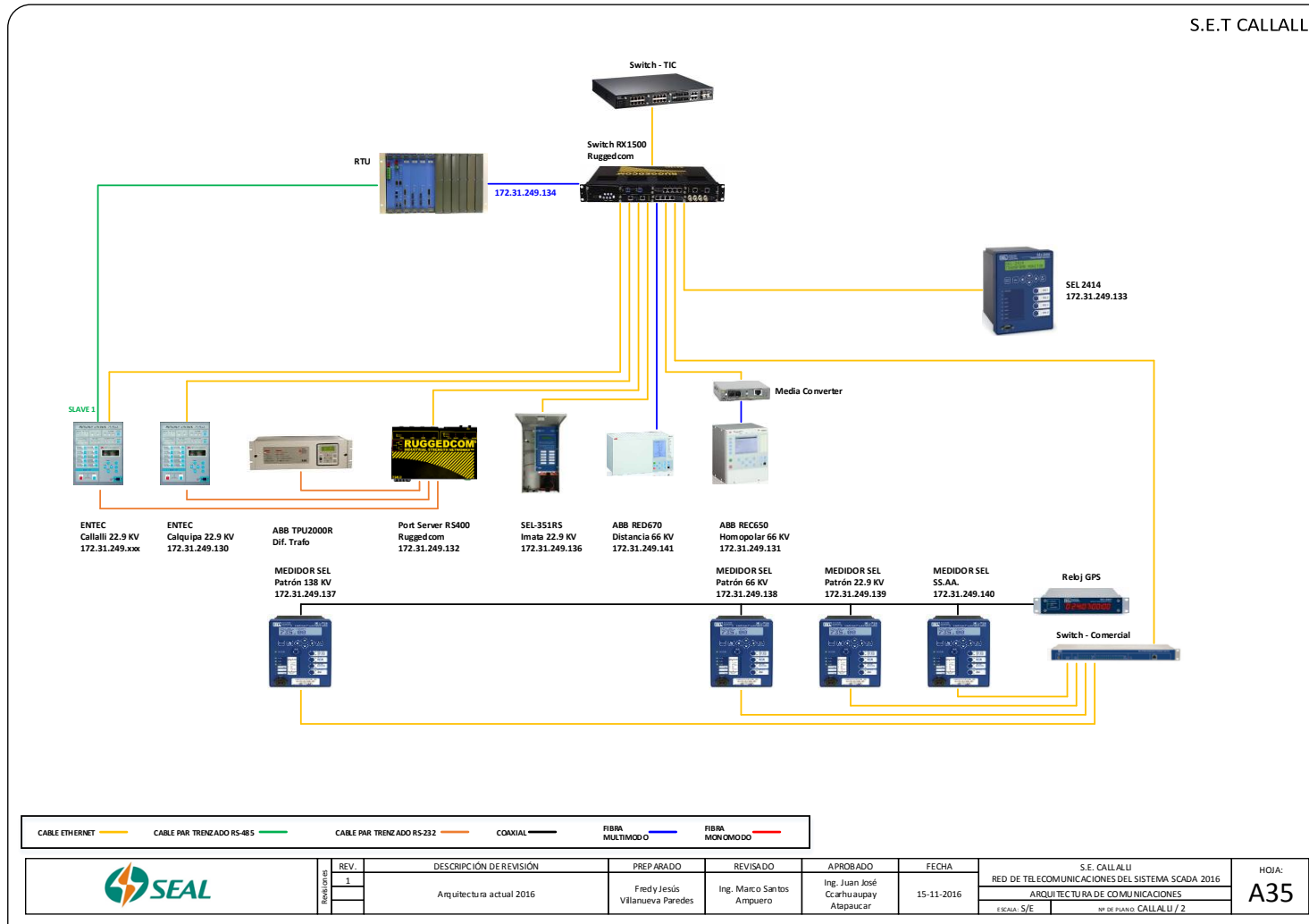
### 1.2.35 S.E.T CALLALLI

La subestación Callalli es enlazada mediante enlace Satelital, en ella encontramos una RTU FOXBORO SCD5200, encargada de gestionar las señales de lectura y escritura del sistema SCADA de los alimentadores Callalli 22.9kV, Calquiipa 22.9kV e Imata en 22.9kV como se muestra en la figura anterior, todos estos dispositivos se conectan al switch de TIC, así como también el relé ABB REC650 homopolar en 66kV, el relé de monitorización del transformador de potencia SEL2414 y el relé ABB TPU2000R correspondiente a la protección diferencial del transformador de potencia.

Finalmente tenemos la red de medidores SEL735 que de igual manera se concentran en el nodo central de comunicaciones.

La arquitectura de red de la S.E.T Callalli se define en la figura 101, como se muestra a continuación.

Figura 101. Arquitectura de red de la SET Callalli



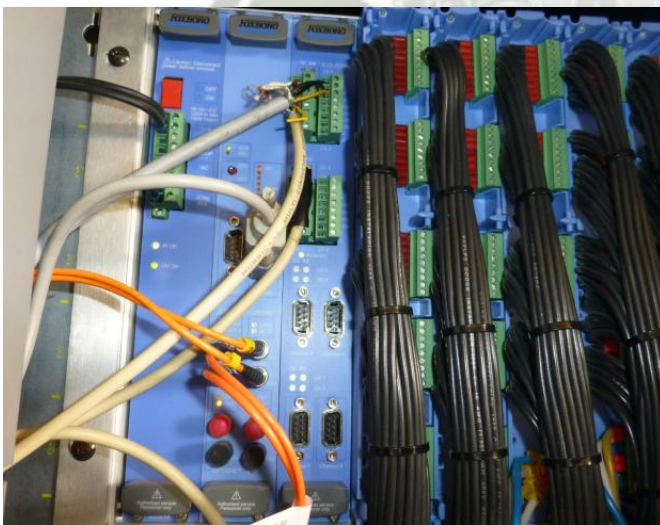
Fuente: Elaboración propia

**Figura 102. Tablero de control de la SET Callalli**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 103. RTU FOXBORO SCD5200 de la SET Callalli**



**Fuente: Elaboración propia**

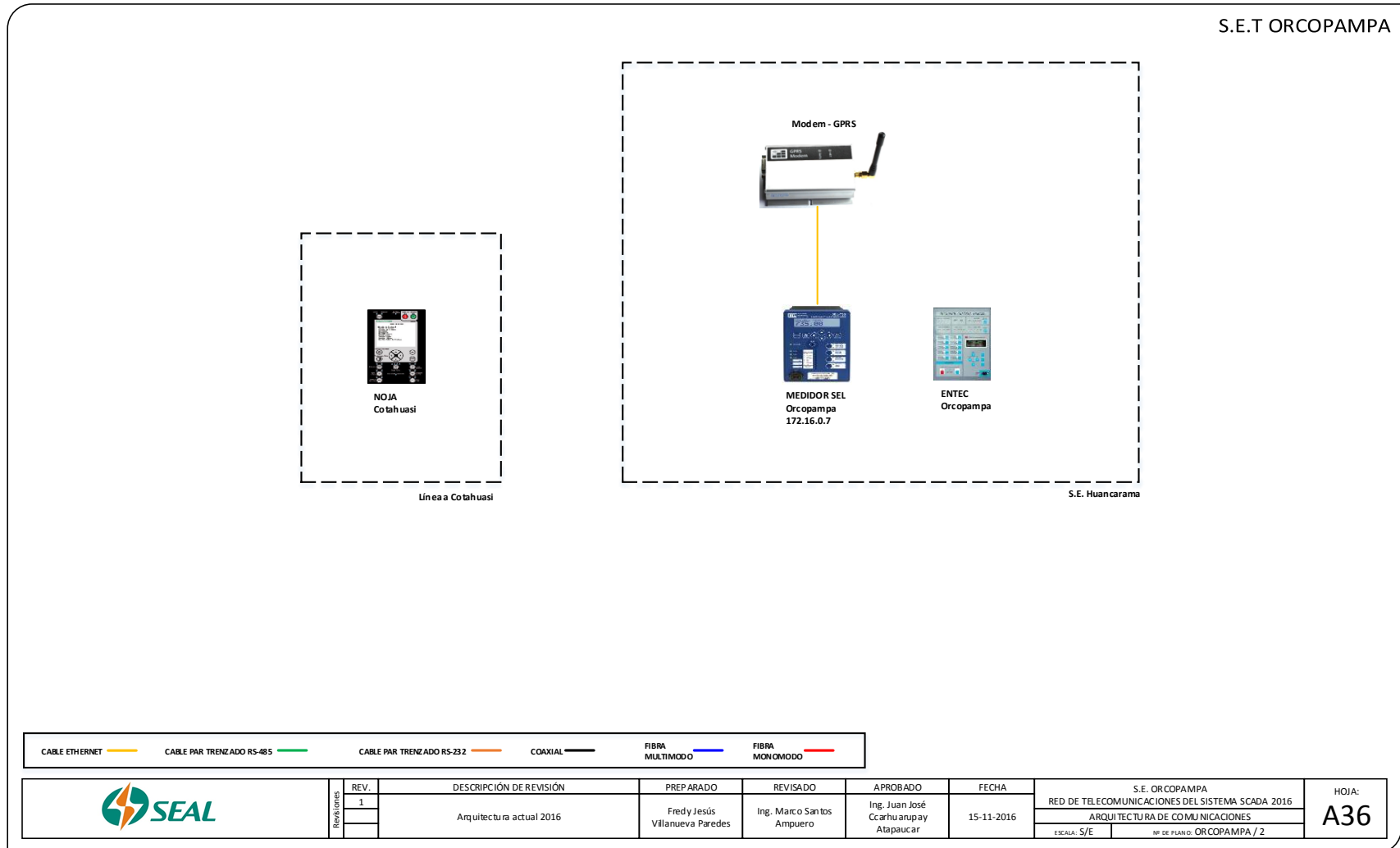
### 1.2.36 S.E.T ORCOPAMPA

En la subestación de Orcopampa solo encontramos dos relés de protección, un ENTEC encargado de proteger el alimentador Orcopampa, con su respectivo medidor de energía SEL735 el cual se encuentra conectado a un Modem, sin embargo, este no cuenta con servicio, por lo que la integración de esta subestación al sistema SCADA aún se encuentra pendiente.

La arquitectura de red de la S.E.T Orcopampa se define en la figura 104, como se muestra a continuación.



Figura 104. Arquitectura de red de la SET Orcopampa



Fuente: Elaboración propia

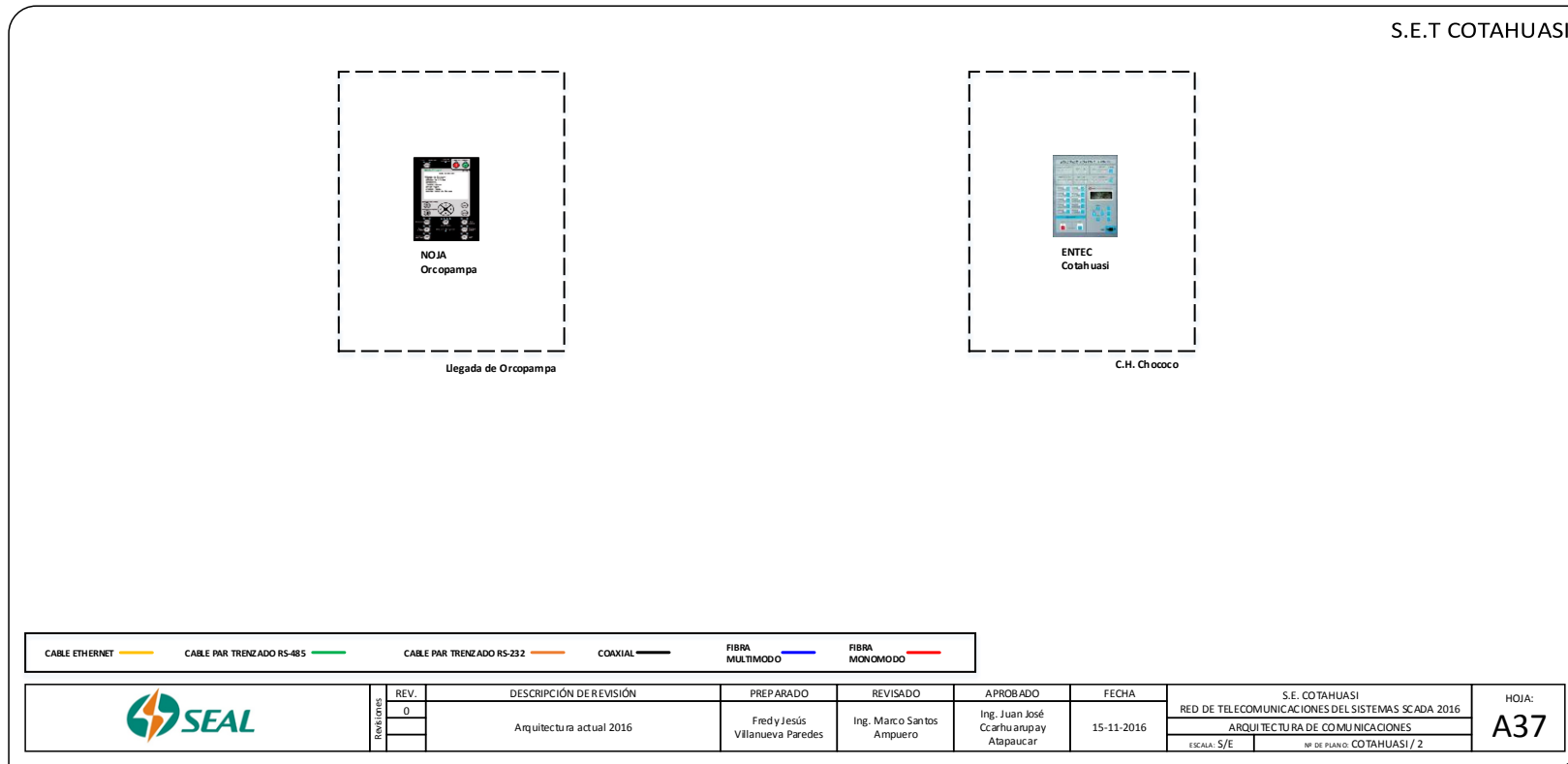
### 1.2.37 S.E.T COTAHUASI

En la subestación Orcopampa existen dos relés de protección, un NOJA y un ENTEC correspondientes a las líneas en 22.9kV Orcopampa y Cotahuasi, cabe resaltar que dichos equipos no están enlazados a la red corporativa por lo que su integración aún está pendiente.

La arquitectura de red de la S.E.T Cotahuasi se define en la figura 105, como se muestra a continuación.



Figura 105. Arquitectura de red de la SET Cotahuasi.



Fuente: Elaboración propia



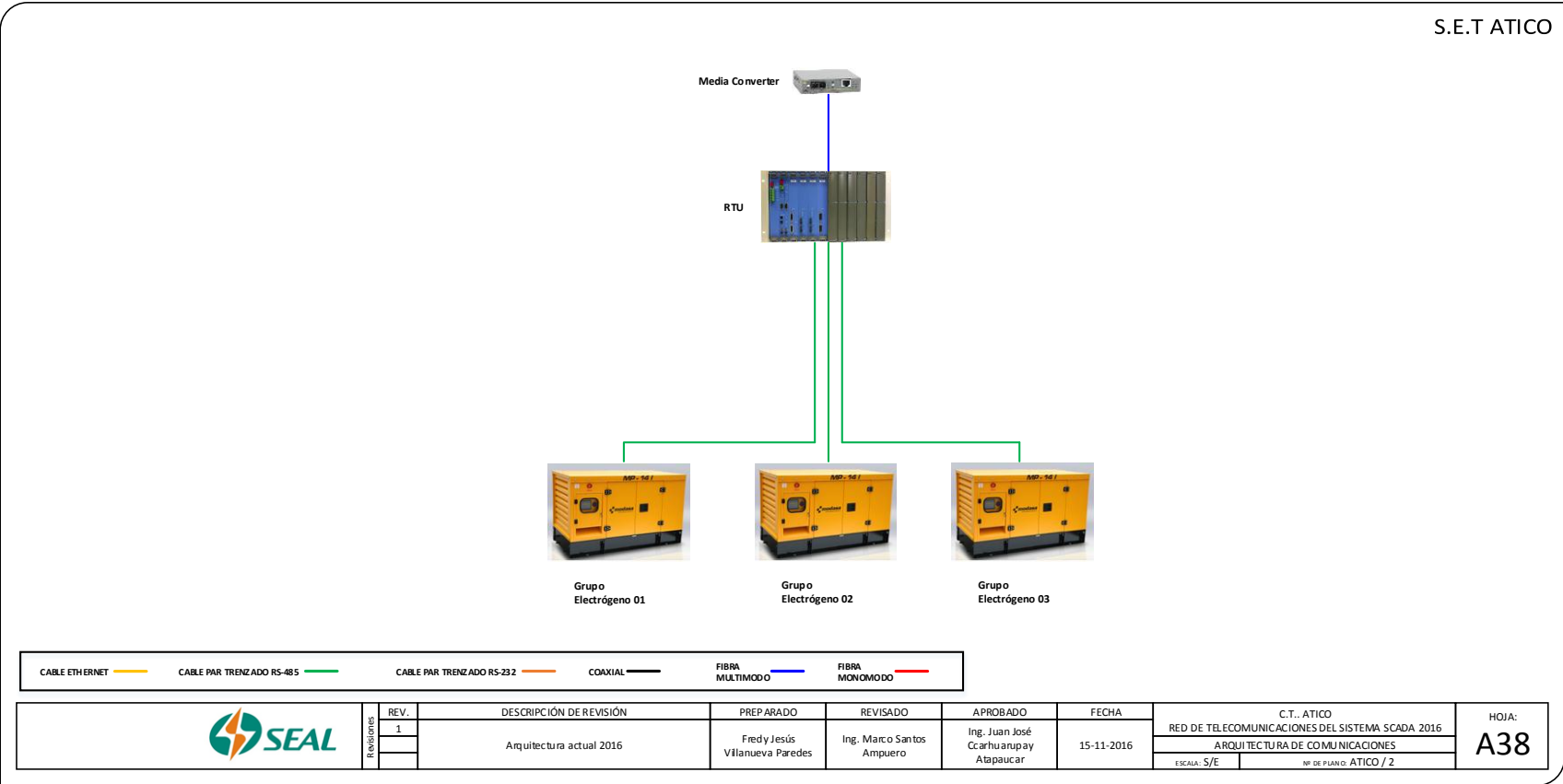
### 1.2.38 S.E.T ATICO

En la subestación Atico se tienen tres grupos electrógenos Modasa de 10kV, dichos equipos cuentan con su tablero de control y comunicación, los cuales mediante protocolo Modbus RS-485 se integran a la RTU FOXBORO SCD5200, la cual mediante un media converter se conecta a un modem que mediante una red GPRS se enlaza a la red corporativa de la empresa.

La arquitectura de red de la S.E.T Atico se define en la figura 106, como se muestra a continuación.



Figura 106. Arquitectura de red de la SET Atico.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 107. Grupos electrógenos de la SET Atico**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 108. Controlador de grupo de grupo electrógeno**



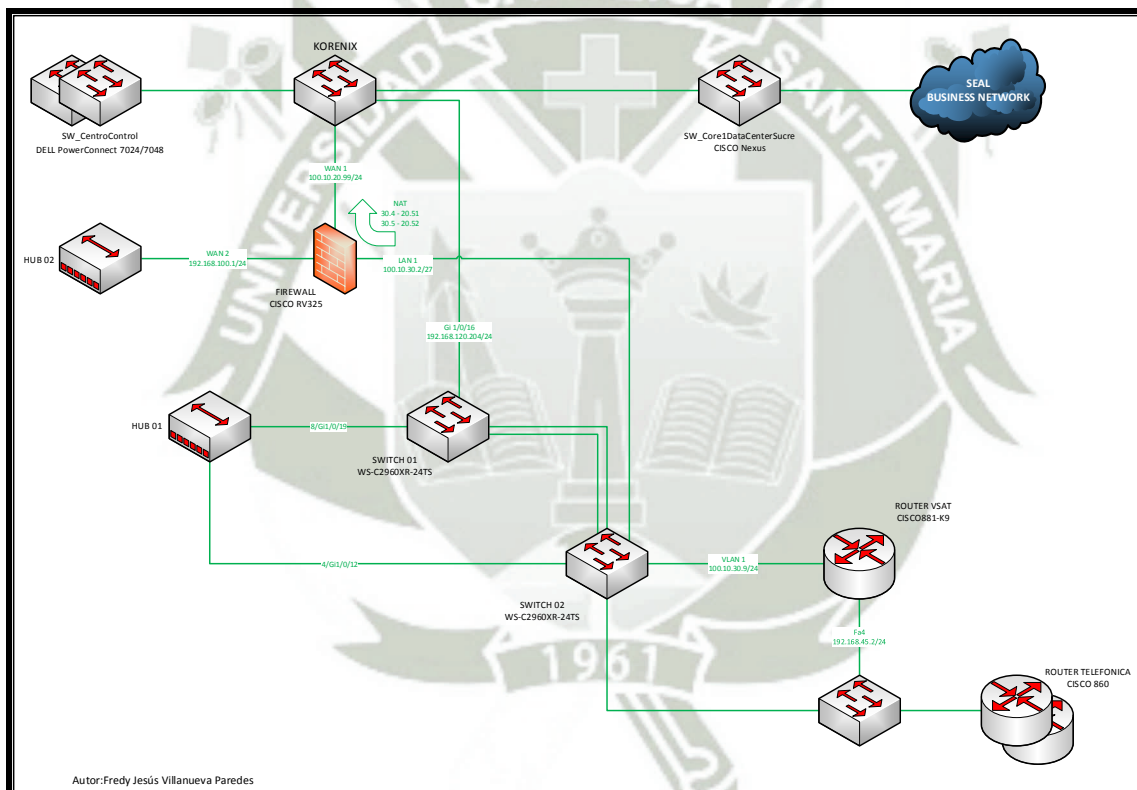
**Fuente: Elaboración propia**

## CAPITULO VI: TOPOLOGÍA DE RED DE LA UNIDAD DE LA UNIDAD DE CONTROL DE OPERACIONES

### 1. Procedimientos de colección de información de campo

Según la información proporcionada, configuración, características del equipamiento de red y el levantamiento de información se ha procedido a generar un diagrama de topología física de red.

**Gráfico 194. Topología de conexión física de nodos.**



**Fuente: Elaboración propia**

Se obtuvo la configuración de los equipos de red, para la construcción del diagrama de topología físicas y lógica, esta infraestructura comprende tanto el tablero de comunicaciones como el tablero de los servidores, todos estos equipos se ubican en el cuarto de

comunicaciones en el edificio de centro de control y control de operaciones en la SET. Parque Industrial, dichos equipos los enumero en la tabla 47.

**Tabla 47. Equipos y dispositivos de la infraestructura de red SCADA/ICCP.**

Nodos	Hostname	Modelo	IP	Estado
<b>Firewall</b>	FRW_CCO	RV325	100.10.30.2	Activo
<b>Switch</b>	Switch1	WS- C2960XR- 24TS-I	192.168.100.10	Activo
<b>Switch</b>	Switch2	WS- C2960XR- 24TS-I	192.168.100.11	Activo
<b>Router</b>	VSAT	C880	100.10.30.9	Activo
<b>Switch</b>	Switch	Korenix	192.168.200.3	Activo
<b>Switch</b>	SW_Centro Control	PowerConnect 7024 / 7048	192.168.200.2	Activo

<b>Switch</b>	SW_Core1DataCenterSucre	Cisco Nexus	192.168.200.1	Activo
<b>Hub</b>	Hub01	TPlink	-	Activo
<b>Hub</b>	Hub02	TPlink	-	Activo

**Fuente:** Elaboración propia

Se recibió información del direccionamiento IP de las subredes con las cuales la red SCADA/ICCP establece comunicación para el procesamiento de señales.

El direccionamiento IP de los dispositivos de comunicación los nombro en la tabla 48.

**Tabla 48. Direccionamiento de IP**

<b>VLAN ID</b>	<b>Nombre de VLAN</b>	<b>Dirección de red</b>	<b>Mascara</b>	<b>Gateway</b>
<b>1</b>	Trunk	192.168.100.0	255.255.255.0	-
<b>2</b>	SCADA	100.10.30.0	255.255.255.224	100.10.30.2
<b>3</b>	COES	192.168.45.0	255.255.255.0	192.168.45.1

<b>7</b>	Servidores	192.168.50.0	255.255.255.0	192.168.50.1
<b>9</b>	Gprs	192.168.124.0	255.255.255.0	192.168.124.1
<b>13</b>	Backbone	192.168.31.0	255.255.255.0	192.168.31.1
<b>20</b>	Relés	192.168.120.0	255.255.255.0	192.168.120.1
<b>25</b>	RTU	100.10.20.0	255.255.255.0	100.10.20.1
<b>78</b>	SET_REPARTICION	192.168.78.0	255.255.255.0	192.168.78.1
<b>85</b>	SET_JESUS	192.168.85.0	255.255.255.0	192.168.85.1
<b>135</b>	Medidores	192.168.135.0	255.255.255.0	192.168.135.1
<b>135</b>	Medidores	192.168.136.0	255.255.255.0	192.168.136.1
<b>249</b>	SATELITAL_01	172.31.249.0	255.255.255.0	172.31.249.1
<b>250</b>	SATELITAL_02	172.31.250.0	255.255.255.0	172.31.250.1

**Fuente: Elaboración propia**

Definido el direccionamiento IP se identificó las rutas de las conexiones de red que requieren los servidores SCADA e ICCP.

**Gráfico 195. Rutas activas del servidor primario SCADA.**

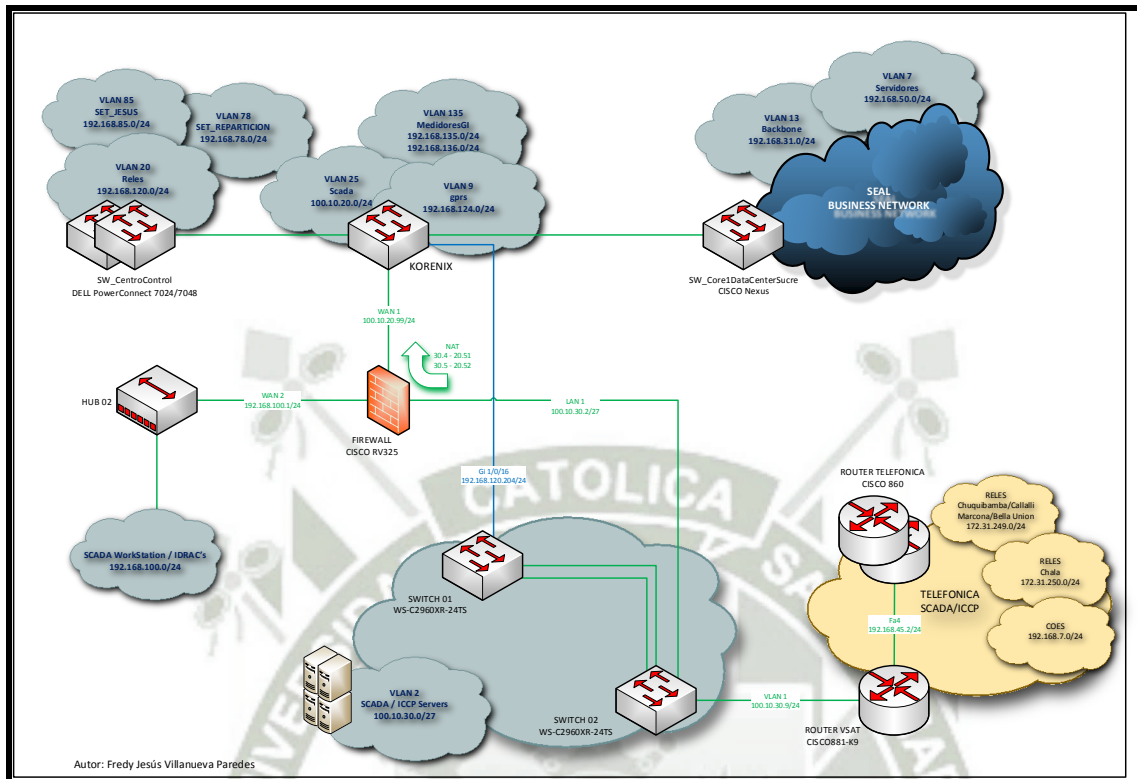
```

Rutas activas:
Destino de red      Máscara de red      Puerta de enlace      Interfaz      Métrica
0.0.0.0            0.0.0.0            192.168.50.1          192.168.50.27 266
0.0.0.0            0.0.0.0            100.10.30.2           100.10.30.4   261
100.10.30.0        255.255.255.224    En vínculo            100.10.30.4   261
100.10.30.4        255.255.255.255    En vínculo            100.10.30.4   261
100.10.30.31       255.255.255.255    En vínculo            100.10.30.4   261
127.0.0.0          255.0.0.0          En vínculo            127.0.0.1     306
127.0.0.1          255.255.255.255    En vínculo            127.0.0.1     306
127.255.255.255    255.255.255.255    En vínculo            127.0.0.1     306
172.31.249.0       255.255.255.0      100.10.30.9           100.10.30.4   6
172.31.250.0       255.255.255.224    192.168.50.2          192.168.50.27 21
172.31.250.32      255.255.255.224    192.168.50.2          192.168.50.27 21
191.230.100.0      255.255.255.0      192.160.50.1          192.160.50.27 11
192.160.31.0       255.255.255.0      192.168.50.1          192.168.50.27 11
192.168.45.0       255.255.255.0      100.10.30.9           100.10.30.4   6
192.168.50.0       255.255.255.0      En vínculo            192.168.50.27 266
192.160.50.0       255.255.255.0      192.160.50.1          192.160.50.27 11
192.168.50.27      255.255.255.255    En vínculo            192.168.50.27 266
192.168.50.255     255.255.255.255    En vínculo            192.168.50.27 266
192.168.70.0       255.255.255.0      192.168.50.1          192.168.50.27 11
192.168.05.0       255.255.255.0      192.168.50.1          192.168.50.27 11
192.168.120.0      255.255.255.0      100.10.30.3           100.10.30.4   6
192.168.122.0      255.255.255.0      192.168.124.200      192.168.124.204 11
192.168.124.0      255.255.255.0      En vínculo            192.168.124.204 266
192.168.124.204    255.255.255.255    En vínculo            192.168.124.204 266
192.168.124.255    255.255.255.255    En vínculo            192.168.124.204 266
192.168.125.0      255.255.255.0      192.168.124.201      192.168.124.204 11
224.0.0.0          240.0.0.0          En vínculo            127.0.0.1     306
224.0.0.0          240.0.0.0          En vínculo            192.168.50.27 266
224.0.0.0          240.0.0.0          En vínculo            192.168.124.204 266
224.0.0.0          240.0.0.0          En vínculo            100.10.30.4   261
255.255.255.255    255.255.255.255    En vínculo            127.0.0.1     306
255.255.255.255    255.255.255.255    En vínculo            192.168.50.27 266
255.255.255.255    255.255.255.255    En vínculo            192.168.124.204 266
255.255.255.255    255.255.255.255    En vínculo            100.10.30.4   261
=====
Rutas persistentes:
Dirección de red    Máscara de red      Dirección de puerta de enlace  Métrica
192.168.122.0      255.255.255.0      192.168.124.200          1
172.31.249.0       255.255.255.0      100.10.30.9              1
192.168.45.0       255.255.255.0      100.10.30.9              1
192.168.125.0      255.255.255.0      192.168.124.201          1
0.0.0.0            0.0.0.0            192.168.50.1             Predeterminada
0.0.0.0            0.0.0.0            100.10.30.2             Predeterminada
192.168.120.0      255.255.255.0      100.10.30.3              1
    
```

**Fuente: Elaboración propia**

Con la información consolidada, se ha desarrollado un diagrama, el cual se muestra en la gráfica 196, para identificar las redes, su direccionamiento, configuración y la ubicación de las interfaces Gateway en los distintos dispositivos de red.

**Gráfico 196. Identificación de redes y configuración de interfaces Gateway.**



**Fuente: Elaboración propia**

De igual modo, se identificó las conexiones desde interfaces directas de los servidores SCADA / ICCP hacia las redes y la configuración de rutas ad-hoc para cada segmento de red, dicha relación se muestra en la tabla 49.

**Tabla 49. Interfaces de servidores SCADA/ICCP**

Ítem	Nombre de host	Dirección IP	Mascara	Gateway
1	SCADA1	100.10.30.4	255.255.255.224	100.10.30.2
2	SCADA1	192.168.124.204	255.255.255.0	-
3	SCADA1	192.168.50.27	255.255.255.0	192.168.50.1
4	SCADA2	100.10.30.5	255.255.255.224	100.10.30.2
5	ICCP1	100.10.30.6	255.255.255.224	-
6	ICCP1	192.168.45.38	255.255.255.0	192.168.45.1
7	ICCP2	100.10.30.7	255.255.255.224	-
8	ICCP2	192.168.45.39	255.255.255.0	192.168.45.1
9	HIS1	100.10.30.11	255.255.255.224	-

<b>10</b>	HIS2	100.10.30.12	255.255.255.224	-
<b>11</b>	HISCLUSTER	100.10.30.13	255.255.255.224	-
<b>12</b>	HISDTC	100.10.30.14	255.255.255.224	-
<b>13</b>	HISDBASE	100.10.30.15	255.255.255.224	-

**Fuente: Elaboración propia**

## 2. Intercambio de señales

La red de comunicaciones del sistema SCADA de SEAL, consta básicamente de dos redes de vital importancia para operación y supervisión del sistema eléctrico interconectado las cuales son la red de relés de protección y la red SCADA o red de RTU, la red de medidores es utilizada eventualmente, sin embargo, es administrada por la Unidad de Comercial.

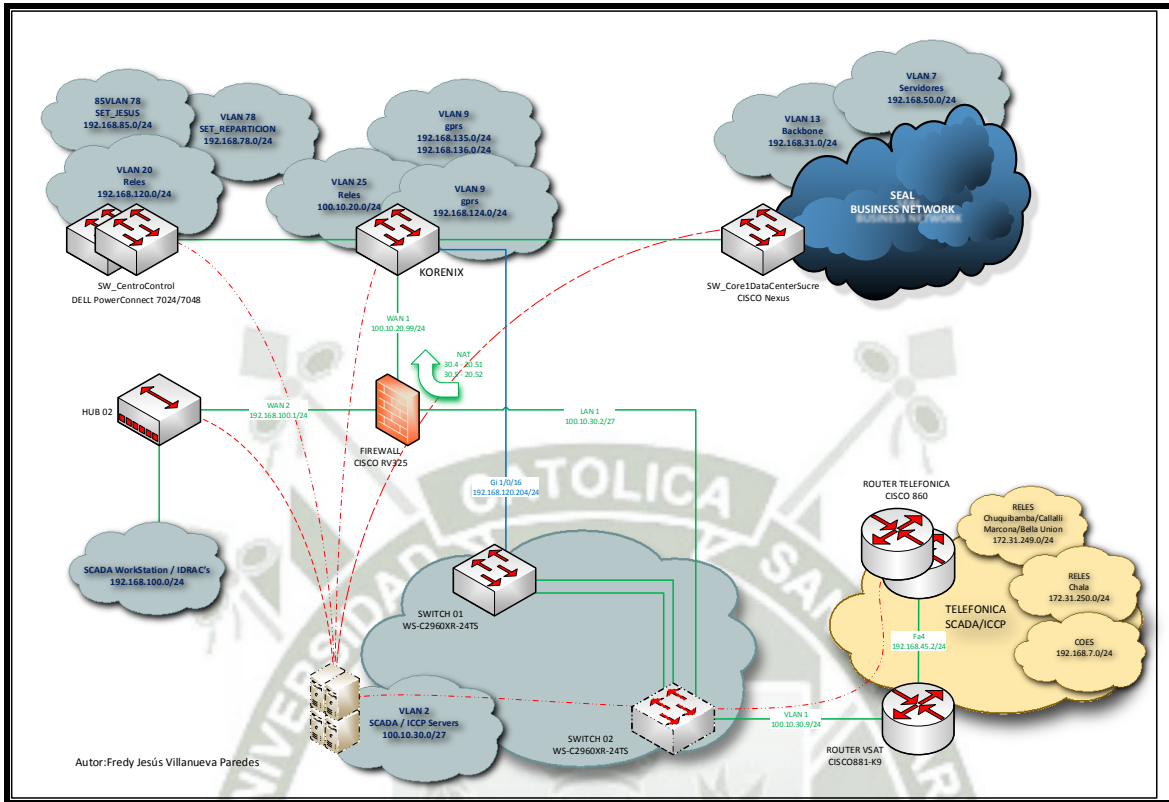
Las variables que los relés de protección envían hacia la RTU (Unidad Terminal Remota) son de cinco tipos:

- Digitales simples
- Digitales dobles
- Analógicas
- Mandos dobles
- Mandos simples

Todas ellas mapeadas en protocolo DNP en su versión 3, estas señales son recibidas por la RTU y transformadas a IEC 60870-5-104 sobre protocolo TCP y enviadas a través de la red de switches de la unidad de TIC (Tecnologías de la Información y Comunicaciones) hacia los servidores SCADA principal y secundario, los cuales replican la información a través de un enlace directo hacia los servidores históricos principal y secundario que mediante un arreglo de discos duros NAS acumulan toda la base de datos, a su vez también se replica a dos servidores ICCP que envían los datos analógicos y estados digitales simples hacia servidores en el COES SEIN de acuerdo a como se exige en la “NORMA TECNICA PARA EL INTERCAMBIO DE INFORMACION EN TIEMPO REAL PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO NACIONAL”, teniendo siempre redundancia en cada una de las etapas, como se muestra en la gráfica 197.

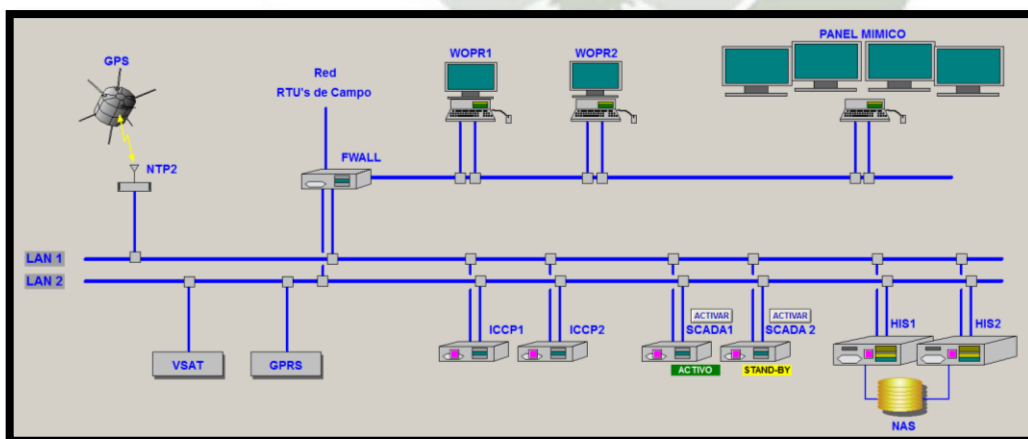
La red corporativa se encuentra escalada en diferentes VLAN como se mencionó en la tabla 48, para segmentar la red y aprovechar así los canales de comunicación ya existentes.

**Gráfico 197. Intercambio de señales**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 198. Hardware del sistema SCADA de SEAL.**



Fuente: Software SCADA de SEAL

Los límites de alcance los define el firewall, RV325, el cual impide que redes externas tengan acceso hacia los servidores del sistema SCADA, sin embargo, esto es solo posible cuando se trabaja en capa 3, para los equipos que aún se encuentran en capa 2 se mantiene un enlace directo entre el switch Korenix y el Servidor Primario.

Cabe resaltar que el análisis de la configuración del firewall quedará pendiente para futuros trabajos, puesto que para su configuración se requiere conocimientos técnicos más avanzados. Para el caso de esta tesis, se planteará mas no se simulará, y se enlazará directamente los switches principales con el switch KORENIX de Centro de Control de Operaciones.

En el caso del direccionamiento en capa 3, en los equipos de centro de control, solo se modificó la configuración del Switch KORENIX activando su función de routing y agregando las rutas necesarias para enlazar comunicación con los equipos que tienen gateway configurado.

## **2. Consideraciones de direccionamiento**

### **2.1 Routing**

Los routers operan a nivel de capa de red del modelo OSI y, por ende, tienen la capacidad de distinguir y basar sus decisiones de enrutamiento en los diferentes protocolos que dicha capa soporta.

Su función principal es colocar fronteras entre los segmentos de red para que estos envíen solo el tráfico que está dirigido hacia ellos, mitigando la posibilidad de "tormentas"

de broadcast, la transmisión de paquetes de protocolos no soportados y la transmisión de paquetes destinados a redes desconocidas.

Para realizar estas tareas, un router necesita ejecutar básicamente dos funciones:

- Primeramente, tiene que crear y mantener una tabla de enrutamiento de cada protocolo de la capa de red. Esta tabla se crea de manera estática o dinámica mediante los protocolos de enrutamiento propios del dispositivo (OSPF, RIP, etc.)
- Seguidamente se tiene que identificar el protocolo embebido en cada paquete, extraer la dirección destino sobre la capa de red y enviar los datos en base a la decisión de enrutamiento.

La toma de decisión sobre qué camino tomar por parte de los router se basa en enviar los datos de acuerdo a la métrica entre cada dispositivo de red, por ejemplo, se tiene que tomar en cuenta ciertos parámetros como son: el número de saltos, el costo de transmisión, la velocidad de transmisión, la latencia, el retardo, además de las condiciones del tráfico de datos, que presentan cada una de la ruta posible.

Además, estos equipos también tienen la capacidad de implementar políticas de seguridad y uso del ancho de banda, sin embargo, este proceso adicional se refleja en un incremento de latencia y bajo rendimiento de procesamiento.

## 2.2 Switching

Básicamente en el mercado encontramos dos tipos de switch, los cuales están destinados a mejorar la capacidad y rendimiento de las redes LAN, por ende, cuando nos referimos a switches debemos dividirlos en dos grupos:

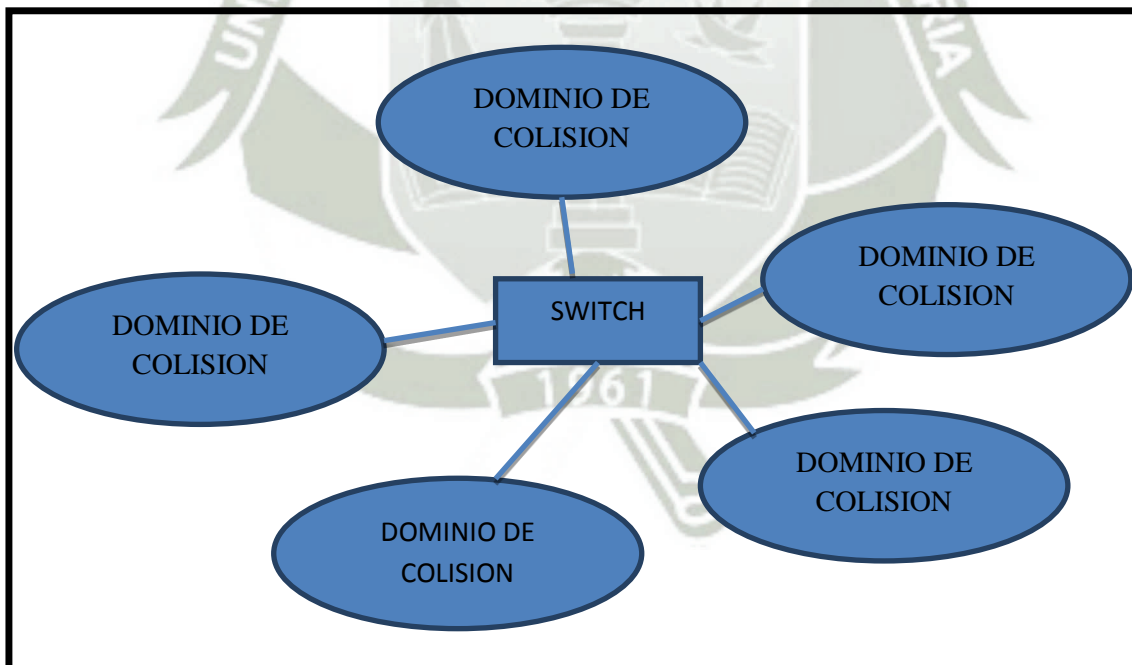
- Switch de capa 2.
- Switch de capa 3.

### 2.1.1 Switch de capa 2

Son los equipos de res de área local (LAN) más comunes en el mercado, estos switches operan en la capa 2 del modelo OSI o más precisamente en la capa de enlace de datos.

El switch de capa 2 toma decisiones de envío de datos basándose en la dirección MAC de destino contenido en cada datagrama. Estos, al igual que los bridges, segmentan la red en dominios de colisión como vemos en el grafico 201, generando un mayor ancho de banda por cada estación.

**Gráfico 199. Dominios de broadcast**



**Fuente: Elaboración propia**

Tanto la configuración como los múltiples protocolos soportados por estos switches son totalmente transparentes hacia el equipo terminal. De igual manera se da soporte a lo que es las redes virtuales LAN o VLAN, las cuales representan una forma de segmentación lógica que permite crear dominios de broadcast independientemente de la ubicación física.

A diferencia de sus antecesores, los bridges o puentes, estos equipos cuentan con procesadores especializados, como por ejemplo los ASIC (circuitos integrados para aplicaciones específicas) los cuales están diseñados para incrementar la velocidad su velocidad de conmutación para poder enviar datos a todos los puertos en forma casi simultánea.

Los switches de capa de enlace de datos aplican técnicamente dos tipos de esquemas para el envío de tráfico de datos, los cuales nombro a continuación:

- **Cut-trough:** Aquí los switches de capa 2 empiezan a enviar el datagrama incluso antes de que el paquete sea completamente recibido. Estos equipos presentan latencia baja porque sólo se limitan a leer la dirección MAC destino para comenzar a transferir el datagrama. La principal desventaja de este esquema, es que no se distingue calidad alguna en el envío de datos, es decir, se envía todo, así estos contengan errores.
- **Store-and-forward:** a diferencia del esquema anterior primero se lee y valida el paquete completo antes enviarlo al host de destino. Esto permite que el switch descarte paquetes corruptos y se puedan definir filtros de tráfico. La principal desventaja de este esquema es que al realizar más procesamiento la latencia se incrementa con el tamaño del paquete.

Tenemos también switches de gama alta que implementan esquemas Fragment free o esquemas híbridos, los cuales tienen la capacidad de basarse en el rendimiento y porcentaje de errores para modificar su esquema de acuerdo a la necesidad que se tenga.

### 2.2.2 Switch de capa 3

Son switches de gama alta que ya traen integrados capacidad de switching y routing a altas velocidades de transferencia. Esta tecnología es relativamente nueva también es conocida en el mercado como los Netflow, tag switching, Fast IP, etc.

Este tipo de dispositivo combina tanto las funciones de un switch convencional con las capacidades de un router.

Existen dos tipos de switches capa 3:

- Packet-by-packet (PPL3).
- Cut-through (CTL3).

En ambos tipos de switches, se examinan primero todos los paquetes y luego se envían a su host de destino. La verdadera diferencia entre ellos es el rendimiento. PPL3 tiene la capacidad de enrutar todos los paquetes, mientras que los switches CTL3 verifican la entrega de paquetes de una forma distinta, primeramente, investigan el destino del primer paquete en una serie. Una vez que lo tienen identificado, se establece la conexión y conmutando el flujo en capa 2.

Dentro de sus características más resaltantes tenemos que:

- **Procesamiento de rutas:** lo cual incluye construcción y mantenimiento de la tabla de enrutamiento mediante enrutamiento RIP y OSPF.
- **Envío de paquetes:** una vez que el camino es determinado, los paquetes son enviados a su dirección destino. Puesto que ya se trabaja a nivel de capa de red, el TTL (Time-To-Live) es decrementado, las direcciones MAC son resueltas y el checksum IP es calculado.
- **Servicios especiales:** presentan una serie de servicios propios del enrutamiento como son la traslación de paquetes, priorización, autenticación, filtros, etc.

### 3. Desarrollo de actividades

La complejidad de atender la configuración de redes en producción hizo necesaria desarrollar las actividades en 6 fases:

- a. Análisis y desarrollo de topología física y lógica de la red y el intercambio de señales entre dispositivos de red, RTU, relés, medidores y equipos terminales.
- b. Se examinó la interacción de las señales y las aplicaciones SCADA e ICCP
- c. Remediación de la topología y configuración L2 de conmutación (switching), en esta etapa se ejecutó las siguientes tareas:
  - Eliminar los loops L2 que afectan el rendimiento de la red.
  - Configuración de PortChannel entre los dos switch en la red SCADA/ICCP

```
Interface Port-channel1
```

```
description LACP SCADA
```

```
switchport mode trunk
```

```
interface GigabitEthernet1/0/23
```

```
description LACP SW_CTRL
```

```
switchport mode trunk
```

```
channel-group 1 mode active
```

```
!
```

```
interface GigabitEthernet1/0/24
```

```
description LACP SW_CTRL
```

```
switchport mode trunk
```

```
channel-group 1 mode active
```

d. Configuración de instancia de RSTP

```
spanning-tree vlan 1-20 priority 4096
```

e. Traslado de las interfaces gateway de la Vlan1 y Vlan2 en el switch

```
SEALSW_CTRL_001
```

```
interface Vlan1
```

```
ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
```

```
interface Vlan2
```

```
ip address 100.10.30.2 255.255.255.224
```

```
interface Vlan10
```

```
description RANGE_IDRAC
```

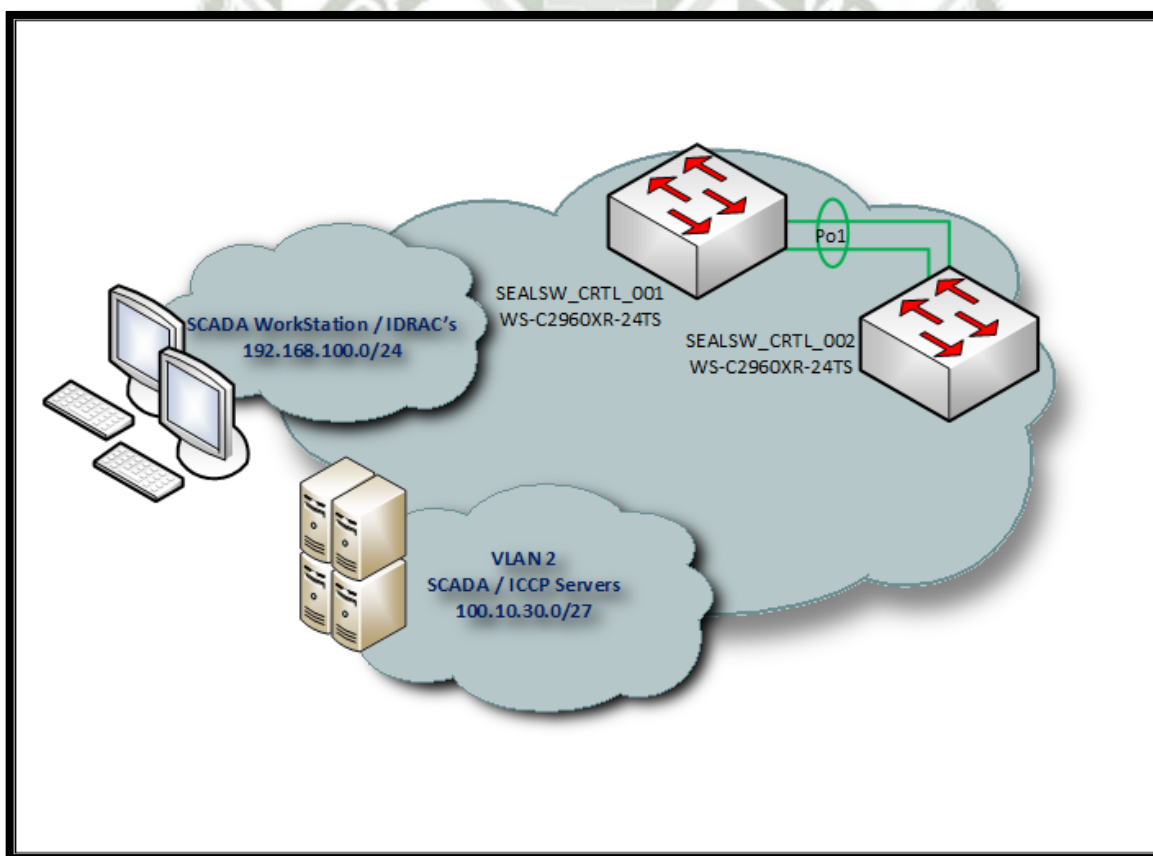
```
ip address 100.10.30.33 255.255.255.224
```

```
interface Vlan110
```

```
ip address 192.168.110.1 255.255.255.0
```

f. Se eliminó configuración L2/L3 del switch

**Gráfico 200. Configuración L2**



**Fuente: Elaboración propia**

Se procedió a realizar la remediación de la topología y configuración routing L3, para lo cual se desarrollaron las siguientes tareas:

- a. Activar Ip routing en switch: KORENIX

system mtu routing 1500

ip routing

- b. Configuración de interface INSIDE L3 en switch: Firewall

interface GigabitEthernet1/0/22

description L3\_Firewall

no switchport

ip address 11.228.127.2 255.255.255.252

- c. Configuración de interfaces L3 en Firewall

**Gráfico 201. Interfaces L3 Firewall.**

Id. de puerto	1	2	3	4	5	6	7	Internet	USB
Interfaz	LAN							WAN1	USB1
Estado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Conectado	Habilitado
Id. de puerto	8	9	10	11	12	13	14	DMZ/Internet	USB
Interfaz	LAN							WAN2	USB2
Estado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Conectado	Habilitado

IPV4	IPV6	WAN1	WAN2	USB 1	USB 2
Dirección IP:		10.228.127.6	11.228.127.1	---	---
Gateway predeterminada:		0.0.0.0	0.0.0.0	---	---
DNS:		0.0.0.0	0.0.0.0	---	---
DNS dinámico:		Dyndns desactivado 3322 desactivado	Dyndns desactivado 3322 desactivado	Dyndns desactivado 3322 desactivado	Dyndns desactivado 3322 desactivado

**Fuente: Interfaz web del firewall RV325**

d. Configuración de Interface OUTSIDE L3 en switch Korenix:

```
interface 1/0/17  
  
dot1x port-control auto  
  
switchport native vlan 19  
  
routing  
  
ip address 10.228.127.5 255.255.255.252
```

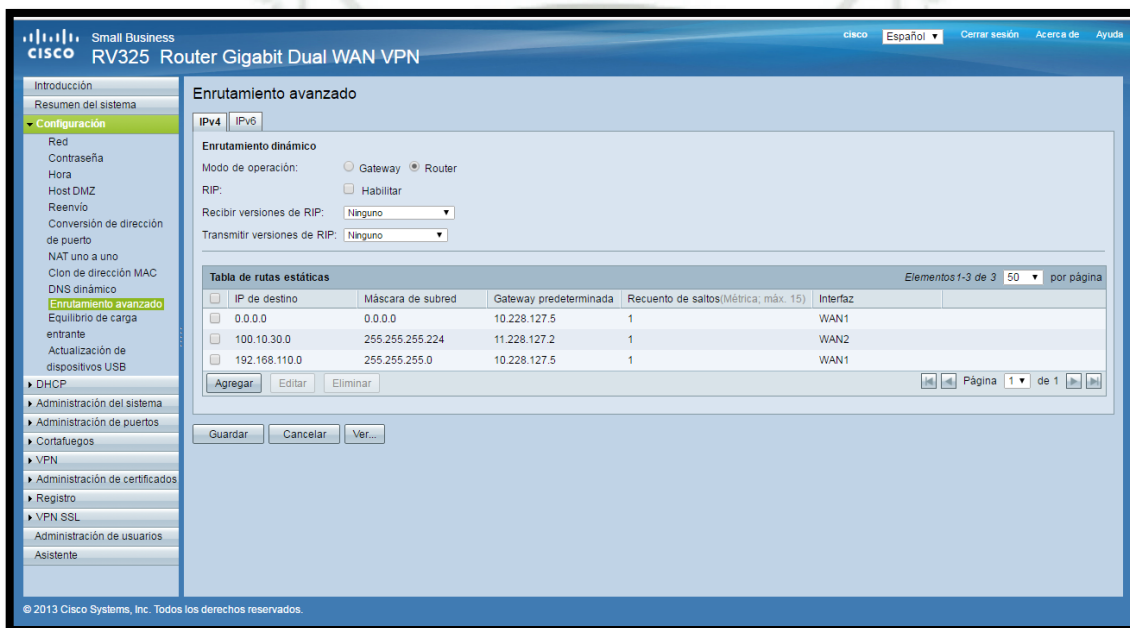
e. Configuración de rutas estáticas en switch L2/L3: KORENIX

```
ip route 100.10.20.0 255.255.255.0 11.228.127.1  
ip route 172.31.249.0 255.255.255.0 192.168.45.1  
ip route 172.31.250.0 255.255.255.0 11.228.127.1  
ip route 192.168.31.0 255.255.255.0 11.228.127.1  
ip route 192.168.50.0 255.255.255.0 11.228.127.1  
ip route 192.168.78.0 255.255.255.0 11.228.127.1  
ip route 192.168.85.0 255.255.255.0 11.228.127.1  
ip route 192.168.120.0 255.255.255.0 11.228.127.1  
ip route 192.168.124.0 255.255.255.0 11.228.127.1  
ip route 192.168.125.0 255.255.255.0 11.228.127.1  
ip route 192.168.200.0 255.255.255.192 11.228.127.1
```

f. Configuración de rutas estáticas en el firewall:

Como vemos en el gráfico 202, se procedió a crear la tabla de rutas estáticas, asignando la dirección IP de destino con su respectiva máscara y definiendo la dirección de gateway de acuerdo a un puerto en específico.

**Gráfico 202. Interfaces L3 Firewall.**



**Fuente: Interfaz web del firewall RV325**

g. Se ha creado las rutas L3 para que los servidores SCADA del segmento 100.10.30.0/27 puedan alcanzar el segmento 100.10.20.0/24 donde se encuentran la mayoría de RTU de SEAL para lo cual las RTU necesitan contar con la IP del Gateway de este segmento 100.10.20.1 para que participen en L3.

h. Se ha creado las rutas L3 para que los servidores SACADA del segmento 100.10.30.0/27 puedan alcanzar la RTU de Parque industrial 192.168.120.10 /24.

- i. Se ha creado las rutas L3 para que los servidores SCADA del segmento 100.10.30.0/27 puedan alcanzar el segmento 192.168.120.0/24 donde se encuentran la red de relés de protección de SEAL para lo cual los Relés necesitan contar con la IP del Gateway de este segmento para que participen en L3.
- j. Se ha creado las rutas L3 para que los servidores SCADA del segmento 100.10.30.0/27 puedan alcanzar el segmento 192.168.135.0/24 y 192.168.136.0/24 donde se encuentran la red de medidores de SEAL para lo cual los Medidores necesitan contar con la IP del Gateway de este segmento para que participen en L3.
- k. Se ha creado las rutas L3 para que los servidores SCADA del segmento 100.10.30.0/27 puedan alcanzar el segmento 192.168.78.0/24 y 192.168.85.0/24 donde se encuentran la subestación de Jesús y Repartición.
- l. Se retiró la conexión de interfaces directas de los servidores SCADA y configurado el Gateway (100.10.30.2).
- m. Los servidores SCADA y servidores ICCP, mantienen conexiones directas al router TELEFONICA SATELITAL, esto aún es necesario, pues no cuento con las claves de acceso y por ende no puedo saber cómo se encuentra la configuración interna.
- n. Los servidores SCADA, mantienen conexión con la subred 192.168.124.0/24 GPRS para poder alcanzar la subred 192.168.125.0/25, se requiere la topología de esta red para integrarlo a la zona OUTSIDE.

## CAPITULO VII: ANTECEDENTES PARA DEFINIR EL MODELAMIENTO DE RED

El objetivo de este capítulo es ofrecer detalles acerca del diseño básico de los componentes de la infraestructura de una arquitectura de red. Debemos tener en cuenta los siguientes conceptos para tener una mejor idea del criterio de diseño que encontramos en las redes que analizamos en capítulos anteriores.

### 1. Topologías de redes

La topología de red se define como la distribución lógica de los componentes o nodos de una red determinada. Estos están clasificados en modelos de topologías básicas como se muestran en la gráfica 204:

#### 1.1 Anillo

Los nodos se encuentran unidos en cadena, uno al lado de otro, de manera circular.

- **Ventajas:** Los datos fluyen en una sola dirección, su mantenimiento es sencillo y presenta un mínimo de retención en el flujo de información.
- **Desventajas:** Si se presenta una falla en un nodo, cae la red.

#### 1.2 Doble Anillo

Es similar a la topología de anillo convencional, con la diferencia de que hay un segundo anillo redundante que conecta los mismos dispositivos. Usado comúnmente para dispositivos críticos como es el caso de los centros de control SCADA.

- **Ventajas:** Al presentar redundancia, aumenta la confiabilidad de la red. Mientras un anillo tiene la función de conexión de red troncal y el otro anillo permanece de reserva ante cualquier eventualidad.
- **Desventajas:** Es costosa porque duplica la infraestructura a instalar.

### 1.3 Estrella

En esta configuración, los distintos nodos están unidos a un único nodo central.

- **Ventajas:** Es fácil de agregar un nodo, si un enlace hacia un nodo se cae, los demás equipos conectados siguen funcionando.
- **Desventajas:** El número de nodos conectados a la red depende de las limitaciones del HUB o Switch.

### 1.4 Malla completa

Cualquier nodo está unido directamente a todos los demás mediante un enlace directo.

- **Ventajas:** No existe interrupción alguna entre los nodos, si un enlace se cae, otro se hace cargo de la comunicación.
- **Desventajas:** Sólo funciona con una pequeña cantidad de nodos, ya que, de lo contrario, la cantidad de medios necesarios para los enlaces, y la cantidad de conexiones con los enlaces se torna pesado.

### 1.5 Árbol

Se considera como un derivado de la topología estrella. Los distintos nodos están distribuidos en forma de ramificaciones sucesivas a partir de un único nodo raíz.

- **Ventajas:** Permite conectar más dispositivos. Permite priorizar las comunicaciones de distintos equipos.

- **Desventajas:** Si falla un enlace que conecta con un nodo derivado, queda aislado; si falla un enlace con un nodo que no es una ramificación, la sección entera queda aislada del resto.

### 1.6 Malla

Los distintos nodos se encuentran unidos más o menos entre sí por enlaces directos con cierta densidad.

- **Ventajas:** Es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos.
- **Desventajas:** Es cara la implementación de esta topología.

### 1.7 Mixta

Son aquellas en las que se aplica una mezcla entre alguna de las otras topologías: bus, estrella, malla o anillo.

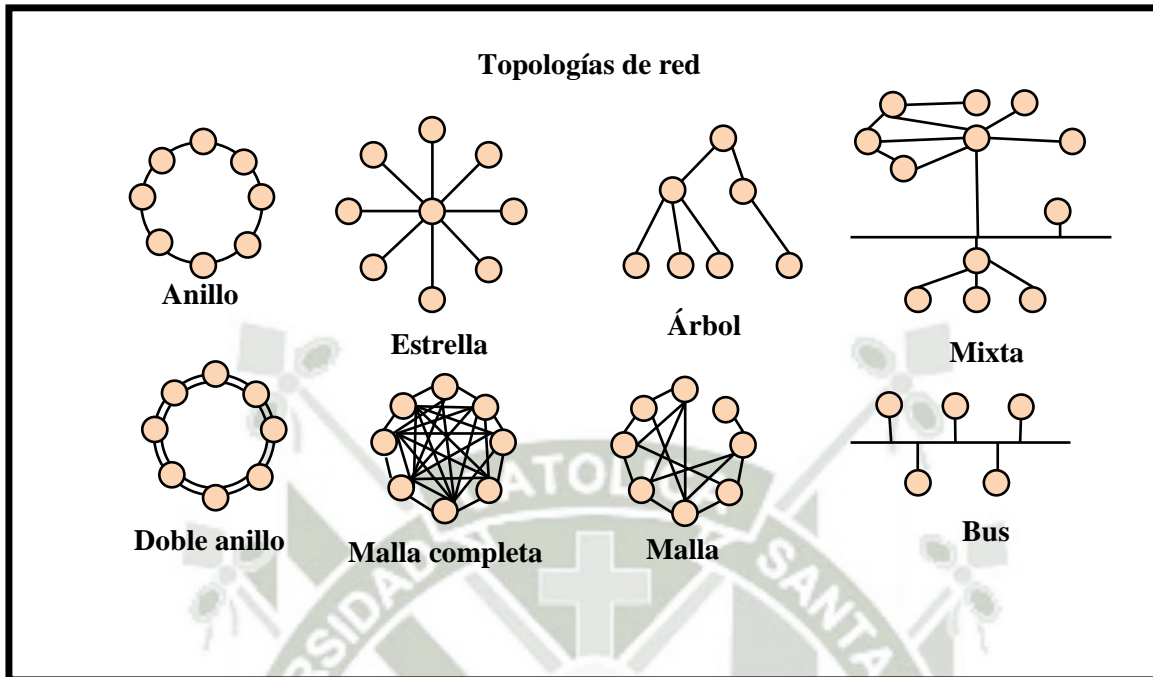
- **Ventajas:** Combina las ventajas de las que disponen otras redes.
- **Desventajas:** Tienen un costo muy elevado debido a su administración y mantenimiento, ya que cuentan con varias topologías de diferentes tipos.

### 1.8 Bus

Todos los nodos están unidos por un único enlace común.

- **Ventajas:** Es muy sencillo de agregar nodos y crecer la red.
- **Desventajas:** La velocidad en esta topología es muy baja de nodo a nodo.

Gráfico 203. Topologías de red básicas



Fuente: Elaboración propia

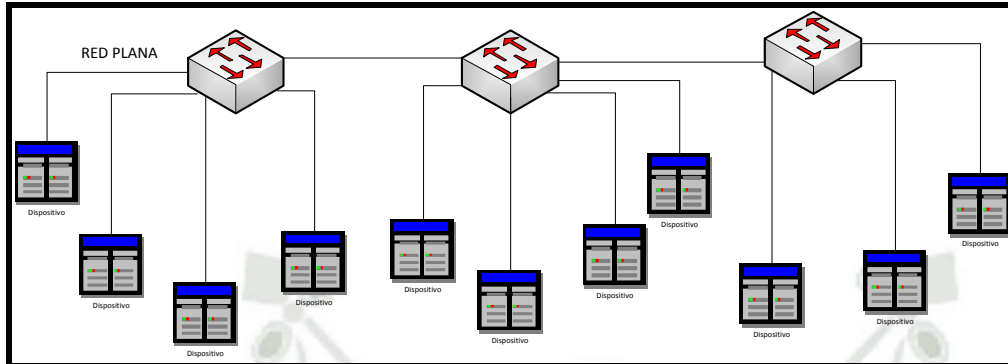
## 2 Esquemas en una red plana y una red jerárquica

Para comprender mejor las diferencias entre una topología de red plana y red jerárquica, debemos conocer los siguientes conceptos:

### 2.1 Red Plana

En este tipo de red todos los dispositivos conectados al sistema se pueden alcanzar entre sí sin la necesidad de tener que pasar a través de un dispositivo de enrutamiento como se muestra en la gráfica 204, por ende, tiene un único dominio de broadcast (trasmisión). Normalmente para segmentar la red principal y crear dominios de broadcast en este tipo de redes se utilizan las VLAN, función que ya comenté anteriormente.

**Gráfico 204. Red plana**



**Fuente: Elaboración propia**

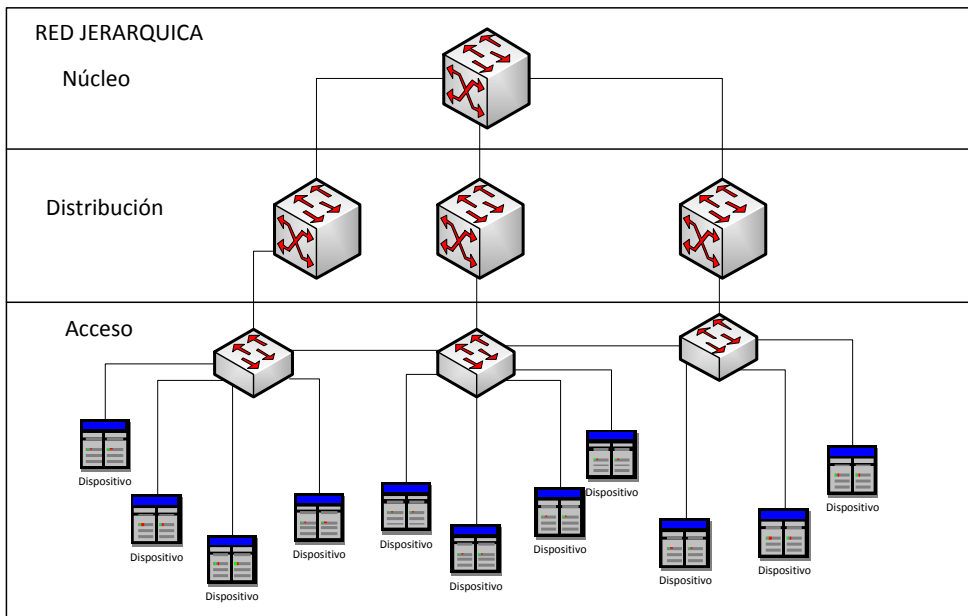
## 2.2 Red jerárquica

En la comunicación por red, los diseños jerárquicos se utilizan para agrupar dispositivos en múltiples redes teniendo los dominios de broadcast separados. Se hace necesaria la utilización de un dispositivo enrutador. Las redes se distribuyen en una serie de niveles: núcleo, distribución y acceso. Como se muestra en la gráfica 205.

A nivel de núcleo se conecta entre sí los dispositivos del nivel de distribución. El nivel de distribución interconecta las redes locales de menor dimensión y el nivel de acceso proporciona la conectividad para los hosts de la red y los dispositivos finales.

Los principales beneficios de una red jerárquica son: escalabilidad, redundancia, rendimiento, seguridad, manejabilidad y mantenibilidad dado a su configuración como topología mixta, por ende, se recomienda mediante normativa su aplicación en centros de control de operaciones, como es el caso de SEAL.

**Gráfico 205. Red jerárquica**



**Fuente: Elaboración propia**

Para el uso del esquema de red en el centro de control de operaciones de SEAL la cual viene experimentando un continuo crecimiento, la topología de red jerárquica cuenta con la flexibilidad de expandirse sin alterar el sistema existente, permite que se implemente una redundancia, así como protege a los equipos de mayor costo de fallas en los puertos del sistema al ser manejado en niveles.

## CAPÍTULO VIII: SIMULACIÓN Y RECREACIÓN DE LA RED PROPUESTA

### 1. Simulación lógica de la red de datos propuesta en el Software de Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer es un potente programa de simulación de red que permite a experimentar con diseños de red y el comportamiento de este. Ofrece simulación, visualización, evaluación con aprendizaje de conceptos complejos de tecnología.

El objetivo es evaluar escenarios posibles de acuerdo a propuestas dadas sin necesidad de poner en riesgo el correcto funcionamiento del sistema para su posterior implementación.

**Figura109. Cisco Packet Tracer 7.0**



**Fuente: Cisco Packet Tracer 7.0**

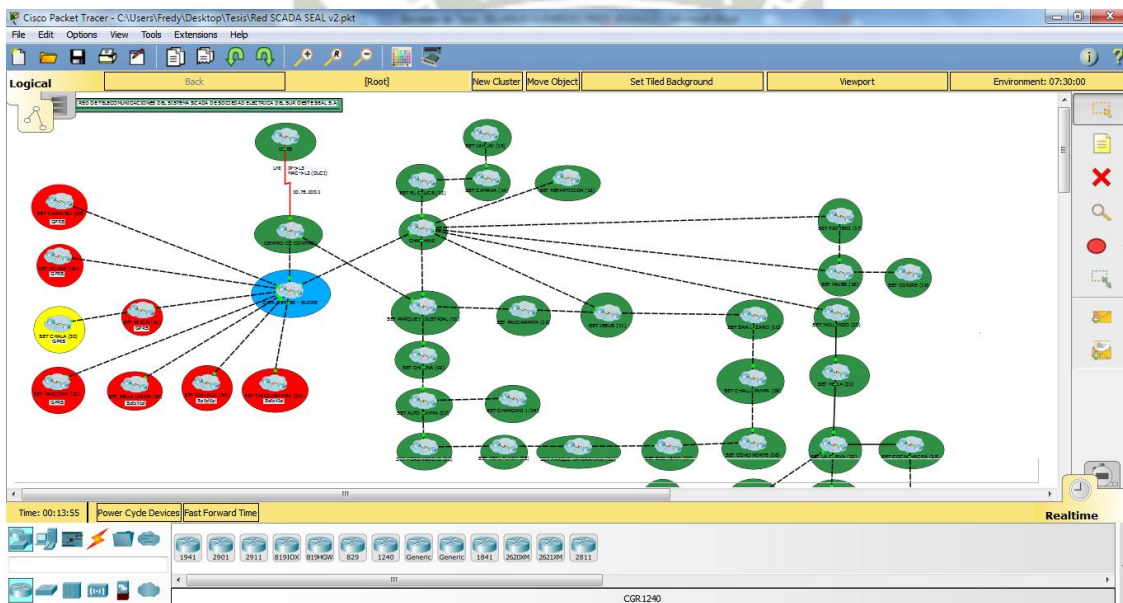
#### 1.1 Propuesta 1 -Creación de VLAN

Como primera propuesta se pretende dar escalabilidad a la red de operaciones mediante la creación de VLAN con la finalidad de segmentar la red principal asignando prioridades de acuerdo a los equipos que se contengan en dichas redes limitando así posibles tormentas de broadcast y Multicast debido a que la red se

encuentra segmentada de forma lógica, esto debido a que cada VLAN se convierte en un dominio de broadcast y Multicast.

Se procedió a simular la red de telecomunicaciones del sistema SCADA, integrando cada una de las 37 subestaciones actualmente interconectadas como podemos apreciar en la gráfica 206.

**Gráfico 206. Simulación lógica de la red de telecomunicaciones del sistema SCADA de SEAL.**

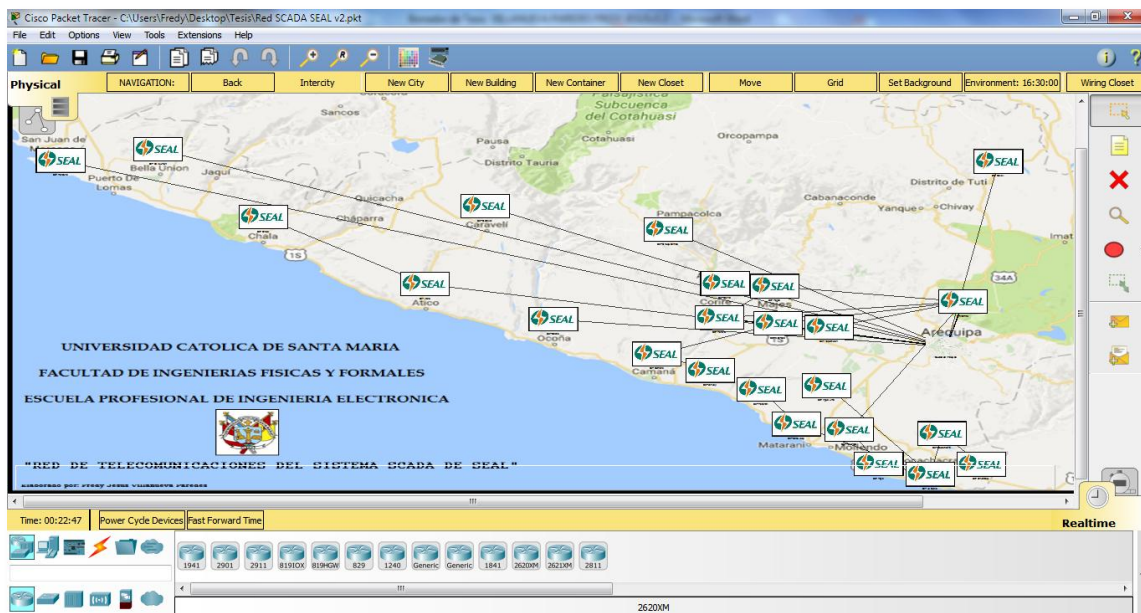


**Fuente: Elaboración propia**

En la ventana de trabajo lógico definí las subestaciones antes mencionadas, además del Data Center ubicado en las oficinas sucre, el centro de control de operaciones, así como también los equipos correspondientes al COES, los cuales se interconectan hacia la red corporativa de SEAL, mediante un servicio de Frame Relay proporcionado por Telefónica del Perú.

En la ventana de trabajo físico, mediante el uso de un mapa de la región de Arequipa, ubique geográficamente las subestaciones correspondientes a la red de provincias, como podemos ver en la gráfica 207.

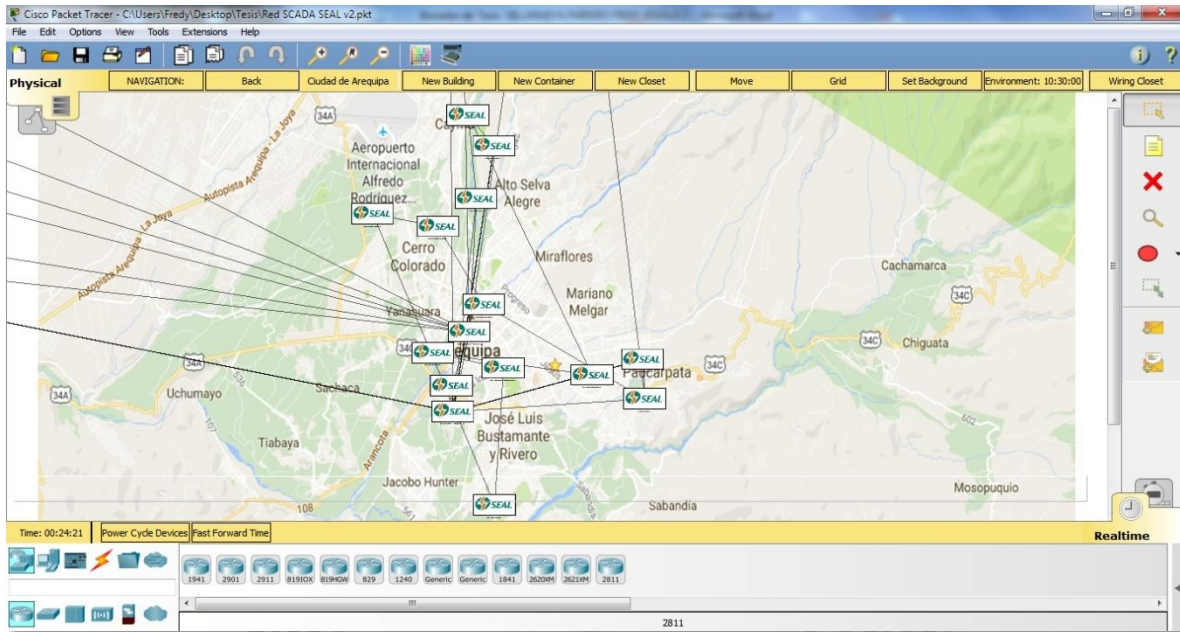
**Gráfico 207. Simulación física de la red de telecomunicaciones del sistema SCADA de SEAL a nivel de la región Arequipa.**



**Fuente: Elaboración propia**

También se procedió a ubicar geográficamente las subestaciones correspondientes a la ciudad de Arequipa, tal cual se muestra en la gráfica 208.

**Gráfico 208. Simulación física de la red de telecomunicaciones de sistema SCADA de SEAL a nivel de la ciudad de Arequipa.**



**Fuente: Elaboración propia**

Seguidamente procedí a distribuir la red de acuerdo a la lista de la tabla 50, donde se definen las VLAN o LAN virtuales más importantes:

**Tabla 50. VLAN Simuladas**

VLAN	RED	DIRECCIÓN DE RED
2	SCADA	100.10.30.0
20	Relés	192.168.120.0
25	RTU	100.10.20.0
50	Servidores	192.168.50.1
100	Trunk	192.168.100.0
121	CARAV	192.168.121.0

<b>122</b>	<b>OCONA</b>	<b>192.168.122.0</b>
<b>135</b>	<b>Medidores</b>	<b>192.168.135.0</b>
<b>136</b>	<b>Medidores_02</b>	<b>192.168.136.0</b>
<b>249</b>	<b>Satelital_01</b>	<b>172.31.249.0</b>
<b>250</b>	<b>Satelital_02</b>	<b>172.31.249.0</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Para la creación de las VLAN antes mencionadas, se utilizaron los siguientes comandos de línea:

**- Creación de la VLAN 2 correspondiente a la red SCADA**

```
NEXUS(config)#VLAN 2
NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief
NEXUS(config-vlan) # name SCADA
NEXUS(config-vlan) # exit
```

**- Creación de la VLAN 20 correspondiente a la red Relés**

```
NEXUS(config)#VLAN 20
NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief
NEXUS(config-vlan) # name Relés
NEXUS(config-vlan) # exit
```

**- Creación de la VLAN 25 correspondiente a la red RTU**

```
NEXUS(config)#VLAN 25
NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief
NEXUS(config-vlan) # name RTU
NEXUS(config-vlan) # exit
```

- **Creación de la VLAN 50 correspondiente a la red Servidores**

```
NEXUS(config)#VLAN 50  
NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief  
NEXUS(config-vlan) # name Servidores  
NEXUS(config-vlan) # exit
```

- **Creación de la VLAN 100 correspondiente a la red Trunk**

```
NEXUS(config)#VLAN 100  
NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief  
NEXUS(config-vlan) # name Trunk  
NEXUS(config-vlan) # exit
```

- **Creación de la VLAN 121 correspondiente a la red CARAV**

```
NEXUS(config)#VLAN 121  
NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief  
NEXUS(config-vlan) # name CARAV  
NEXUS(config-vlan) # exit
```

- **Creación de la VLAN 122 correspondiente a la red OCONA**

```
NEXUS(config)#VLAN 122  
NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief  
NEXUS(config-vlan) # name OCONA  
NEXUS(config-vlan) # exit
```

- **Creación de la VLAN 135 correspondiente a la red Medidores**

```
NEXUS(config)#VLAN 135  
NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief  
NEXUS(config-vlan) # name Medidores
```

NEXUS(config-vlan) # exit

- **Creación de la VLAN 136 correspondiente a la red Medidores\_02**

NEXUS(config)#VLAN 136

NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief

NEXUS(config-vlan) # name Medidores\_02

NEXUS(config-vlan) # exit

- **Creación de la VLAN 249 correspondiente a la red Satelital\_01**

NEXUS(config)#VLAN 249

NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief

NEXUS(config-vlan) # name Satelital\_01

NEXUS(config-vlan) # exit

- **Creación de la VLAN 250 correspondiente a la red Satelital\_02**

NEXUS(config)#VLAN 250

NEXUS(config-vlan) # do show vlan brief

NEXUS(config-vlan) # name Satelital\_02

NEXUS(config-vlan) # exit

Para la asignación de puertos o interfaces a cada una de las VLAN previamente definidas, utilizamos el siguiente comando de línea:

- **Definición de puerto en modo acceso**

NEXUS(config)#interface FastEthernet 0/3

NEXUS(config-if) #switchport mode access

NEXUS(config-if) #switchport access vlan 50

NEXUS(config-if) #end

- **Definición de puerto en modo troncal**

NEXUS(config)#interface FastEthernet 0/4

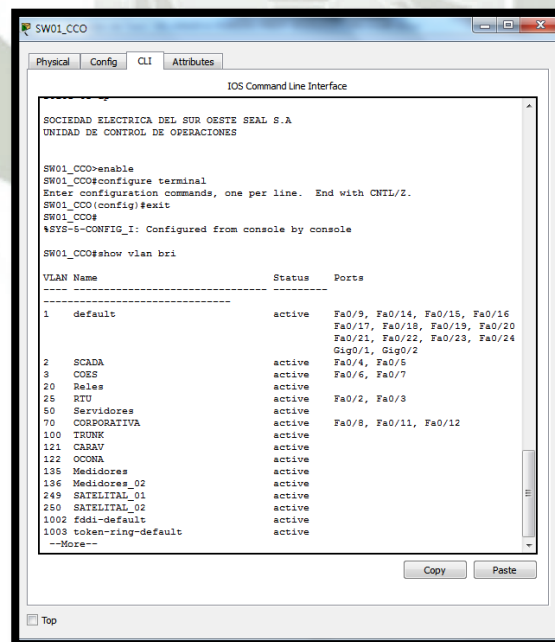
NEXUS(config-if) #switchport mode trunk

NEXUS(config-if) #end

Cabe resaltar que esta configuración se realizó en cada uno de los Switches troncales o Switches TIC ubicados en cada uno de las subestaciones simuladas.

Con el comando de línea “NEXUS#show vlan brief” podemos observar la configuración realizada. En la gráfica 209, observamos la configuración de VLAN de switch 01 de centro de control, en el apreciamos las vlan definidas, además de los puertos asignados a cada una de ellas.

**Gráfico 209. Configuración VLAN**



```

SW01_CCO>enable
SW01_CCO>configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW01_CCO(config)#exit
SW01_CCO#
*SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
SW01_CCO#show vlan bri

VLAN Name                Status    Ports
-----
1    default                 active    Fa0/9, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16
                                           Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                           Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24
                                           Gig0/1, Gig0/2
2    SCADA                   active    Fa0/4, Fa0/5
3    COES                    active    Fa0/6, Fa0/7
20   Reles                    active
25   RTU                     active    Fa0/2, Fa0/3
50   Servidores              active
70   COOPERATIVA             active
100  TRUNK                    active    Fa0/8, Fa0/11, Fa0/12
121  CARAV                   active
122  OCONA                   active
135  Medidores               active
136  Medidores_02            active
249  SATELITAL_01            active
250  SATELITAL_02            active
1002 fdsl--default           active
1008 tokenring-default    active
--More--
    
```

**Fuente: Elaboración propia**

## 1.2 Propuesta 2 - Enrutamiento Inter-vlan “Router on stick”

Para realizar el enrutamiento Inter-VLAN utilicé la configuración “Router on stick”, este método es muy escalable, con el único detalle de que solo se ocupara un solo enlace entre el Router y switch CORE, pudiendo generar un cuello de botella, sin embargo, es la configuración que mejor se ajusta a las necesidades y prestaciones que la empresa requiere.

Cabe resaltar que para poder utilizar esta configuración es necesario que el enlace que une el Router principal con el switch CORE, se encuentre en modo troncal, ya que se utilizaran subinterfaces virtuales que corren sobre una sola interface física.

El procedimiento para la configuración “Router on a stick” es el siguiente:

En el Router CORE\_SUCRE, aplique la siguiente configuración:

Primeramente, debemos configurar la interface o enlace principal en modo troncal mediante el siguiente comando:

```
CORE_SUCRE>
```

```
CORE_SUCRE>en
```

```
CORE_SUCRE#configure terminal
```

```
CORE_SUCRE(config)# interface FastEthernet 0/0
```

```
CORE_SUCRE(config-if) no shutdown
```

Seguidamente configuramos la subinterfaces para todas las VLAN previamente definidas en el puerto deseado mediante los siguientes comandos:

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 2 correspondiente a la red SCADA**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet 0/0. 2
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) #ip address 100.10.30.1 255.255.255.224
```

% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q, or ISL vLAN.

```
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 2
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) #ip address 100.10.30.1 255.255.255.224
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 20 correspondiente a la red**

**Relés**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet 0/0. 20
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.120.1 255.255.255.0
```

% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q, or ISL vLAN.

```
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 20
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.120.1 255.255.255.0
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 25 correspondiente a la red**

**RTU**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet 0/0. 25
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 100.10.20.1 255.255.255.0
```

% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q, or ISL vLAN.

```
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 25
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 100.10.20.1 255.255.255.0
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 50 correspondiente a la red**

**Servidores**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet 0/0. 50
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.50.1 255.255.255.0
```

% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q, or ISL vLAN.

```
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 50
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.50.1 255.255.255.0
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 100 correspondiente a la red**

**Trunk**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet 0/0. 100
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
```

% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q, or ISL vLAN.

```
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 100
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 121 correspondiente a la red**

**CARAV**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet 0/0. 121
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.121.1 255.255.255.0
% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that
subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q,
or ISL vLAN.
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 121
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.121.1 255.255.255.0
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 122 correspondiente a la red**

**OCONA**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet 0/0. 122
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.122.1 255.255.255.0
% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that
subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q,
or ISL vLAN.
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 122
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.122.1 255.255.255.0
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 135 correspondiente a la red**

**Medidores**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet 0/0. 135
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.135.1 255.255.255.0
```

% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q, or ISL vLAN.

```
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 135
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.135.1 255.255.255.0
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 136 correspondiente a la red Medidores\_02**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet 0/0. 136
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.136.1 255.255.255.0
```

% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q, or ISL vLAN.

```
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 136
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 192.168.136.1 255.255.255.0
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 249 correspondiente a la red Satelital\_01**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet0/0. 249
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 172.31.249.1 255.255.255.0
```

% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q, or ISL vLAN.

```
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 249
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 172.31.249.1 255.255.255.0
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

- **Configuración de subinterfaces para la VLAN 250 correspondiente a la red Satelital\_02**

```
CORE_SUCRE(config)# interface Gigabit Ethernet 0/0. 250
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 172.31.250.1 255.255.255.0
```

% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q, or ISL vLAN.

```
CORE_SUCRE(config-subif) #encapsulation dot1Q 250
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # ip address 172.31.250.1 255.255.255.0
```

```
CORE_SUCRE(config-subif) # exit
```

### 1.3 Propuesta 3 - Protocolo Spanning Tree

Hoy en día, como todos sabemos y como hemos apreciado en capítulos anteriores de este trabajo de tesis que las redes ya dejaron de ser planas, por lo tanto, existen una serie de recomendaciones y estándares que permiten diseñar redes convergentes y ofrecer distintos niveles de seguridad como, por ejemplo, la redundancia, la cual es muy importante ya que asegura la disponibilidad de datos.

Si apelamos a la topología jerárquica antes mencionada vemos que físicamente todos los switches de centro de control están conectados entre sí de manera redundante, así como también encontramos un gran anillo entre las subestaciones de la ciudad de Arequipa, lo que hace que en el caso de que de cayera un enlace un segundo enlace retomarí la conexión evitando así la pérdida de datos.

Esta topología, que tiene bucles físicos es muy riesgosa hacerla funcionar sin spanning-tree, este protocolo es un algoritmo que se encarga de generar rutas libres de bucles para que los datos puedan fluir tranquilamente por la red y en caso de que exista una falla automáticamente levantan una ruta alternativa sin romper el modelo jerárquico inicial.

Basta solo con provocar un broadcast para hacer colapsar la red, en algunos casos enlaces que ya estaban establecidos en capa 2 se pierden, siendo necesario liberar el bucle en cuestión manualmente desconectando ciertos enlaces y/ o reiniciando los switches involucrados

El protocolo spanning-tree trabaja individualmente por cada VLAN, se propuso el switch CORE\_NEXUS como puente raíz de las VLAN 1, 2, 50, 100, 121, 122, 249 y 250, los comandos de línea para realizar esta acción son los siguientes:

```
NEXUS(config)#spanning-tree vlan 1 root primary
```

```
NEXUS(config)#spanning-tree vlan 2 root primary
```

```
NEXUS(config)#spanning-tree vlan 50 root primary
```

```
NEXUS(config)#spanning-tree vlan 100 root primary
```

```
NEXUS(config)#spanning-tree vlan 121 root primary
```

```
NEXUS(config)#spanning-tree vlan 122 root primary
```

```
NEXUS(config)#spanning-tree vlan 249 root primary
```

```
NEXUS(config)#spanning-tree vlan 250 root primary
```

Una vez configurados los puentes raíz, procedemos a corroborar la configuración mediante el siguiente comando de línea:

```
NEXUS#show spanning-tree
```

Luego visualizaremos la siguiente configuración:

- **VLAN0001**

```
Spanning Tree enabled protocol rstp
```

Root ID Priority 24577

Address 00E0.F940.2812

This bridge is the root

Hello Time, 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 24577 (priority 24576 sys-id-ext 1)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0002**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24578

Address 00E0.F940.2812

This bridge is the root

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 24578 (priority 24576 sys-id-ext 2)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0020**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24596

Address 0002.17DB.14B1

Cost 19

Port 6(FastEthernet0/6)

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32788 (priority 32768 sys-id-ext 20)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0025**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24601

Address 0002.17DB.14B1

Cost 19

Port 6(FastEthernet0/6)

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32793 (priority 32768 sys-id-ext 25)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0050**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24626

Address 00E0.F940.2812

This bridge is the root

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 24626 (priority 24576 sys-id-ext 50)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0100**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24676

Address 00E0.F940.2812

This bridge is the root

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 24676 (priority 24576 sys-id-ext 100)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0121**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24697

Address 00E0.F940.2812

This bridge is the root

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 24697 (priority 24576 sys-id-ext 121)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0122**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24698

Address 00E0.F940.2812

This bridge is the root

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 24698 (priority 24576 sys-id-ext 122)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0135**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24711

Address 0002.17DB.14B1

Cost 19

Port 6(FastEthernet0/6)

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32903 (priority 32768 sys-id-ext 135)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0136**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24712

Address 0002.17DB.14B1

Cost 19

Port 6(FastEthernet0/6)

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32904 (priority 32768 sys-id-ext 136)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0249**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24825

Address 00E0.F940.2812

This bridge is the root

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 24825 (priority 24576 sys-id-ext 249)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

- **VLAN0250**

Spanning tree enabled protocol rstp

Root ID Priority 24826

Address 00E0.F940.2812

This bridge is the root

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 24826 (priority 24576 sys-id-ext 250)

Address 00E0.F940.2812

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 20

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type

-----  
Fa0/4 Desg FWD 19 128.4 P2p

Fa0/5 Desg FWD 19 128.5 P2p

Fa0/6 Desg FWD 19 128.6 P2p

Fa0/8 Desg FWD 19 128.8 P2p

Fa0/9 Desg FWD 19 128.9 P2p

Fa0/11 Desg FWD 19 128.11 P2p

Fa0/12 Desg FWD 19 128.12 P2p

Fa0/13 Desg FWD 19 128.13 P2p

Fa0/14 Desg FWD 19 128.14 P2p

Fa0/15 Desg FWD 19 128.15 P2p

Realizando el mismo trabajo en cada uno de los switches de la red, se determinó la siguiente tabla:

**Tabla 51. Distribución STP para la VLAN 20**

Switch	Prioridad Root ID	Dirección MAC	Costo	Puerto	Prioridad Bridge ID	Dirección MAC
NEXUS	24596	0002.17DB. 14B1	19	6	32788	00E0.F940.2 812
KORENIX	24596	0002.17DB. 14B1	This bridge is the root	This bridge is the root	24596	0002.17DB.1 4B1

SW01_CCO	24596	0002.17DB. 14B1	19	1	32788	0006.2A15.3 0EB
SW02_CCO	24596	0002.17DB. 14B1	38	5	32788	00D0.5848.8 DCA
TIC_PARQU EINDUSTRI AL	24596	0002.17DB. 14B1	57	12	32788	00D0.BAE0. 9430
TIC- CHILINA	24596	0002.17DB. 14B1	76	6	32788	0001.6382.D 945
TIC_ALTOC AYMA	24596	0002.17DB. 14B1	95	1	32788	00D0.97EE.0 100
TIC_CHARC ANI	24596	0002.17DB. 14B1	114	3	32788	0060.3E83.D 082
TIC_POROG OCHE	24596	0002.17DB. 14B1	114	1	32788	00D0.580B.C D26
TIC_REALP LAZA	24596	0002.17DB. 14B1	133	23	32788	000B.BE17.7 944

TIC_PLAMB RAMANI	24596	0002.17DB. 14B1	152	3	32788	00D0.BA8D. 59D9
TIC_SOCAB AYA01	24596	0002.17DB. 14B1	133	13	32788	0000.0C81.E 536
TIC_CNORT E	24596	0002.17DB. 14B1	114	9	32788	000B.BE9C. 7D79
TIC_CHALL APAMPA	24596	0002.17DB. 14B1	95	10	32788	0030.A3ED. D1A0
TIC_SLAZA RO	24596	0002.17DB. 14B1	76	4	32788	0002.1630.3 B3B
TIC_JESUS	24596	0002.17DB. 14B1	57	8	32788	000C.CF7C. B38B
TIC_PAUCA RPATA	24596	0002.17DB. 14B1	76	23	32788	0001.9659.4 C5B
CHACHANI	24596	0002.17DB. 14B1	38	9	32788	000D.BD78. 46DB

TIC- ELCRUCE	24596	0002.17DB. 14B1	57	1	32788	0030.F2A1.0 030
TIC_CAMA NA	24596	0002.17DB. 14B1	76	3	32788	0005.5E91.2 338
TIC- JAHUAY	24596	0002.17DB. 14B1	95	3	32788	0002.1614.7 C6D
TIC_REPAR TICION	24596	0002.17DB. 14B1	57	1	32788	0001.97B7.E 1E1
TIC_MAJES	24596	0002.17DB. 14B1	57	7	32788	000B.BED5. 720C
TIC_CORIR E	24596	0002.17DB. 14B1	76	1	32788	0030.F2A6.B ED7
TIC_MOLLE NDO	24596	0002.17DB. 14B1	57	1	32788	0050.0F63.37 02
TIC_MEJIA	24596	0002.17DB. 14B1	76	1	32788	0001.632A.C 47A

TIC_LACUR VA	24596	0002.17DB. 14B1	95	8	32788	0002.17EE.9 543
TIC_COCAC HACRA	24596	0002.17DB. 14B1	114	4	32788	0002.4AD2.7 571
TIC_CHUC ARAPI	24596	0002.17DB. 14B1	133	1	32788	0001.6378.4 D8E
TIC_AGUA LIMA	24596	0002.17DB. 14B1	114	6	32788	0004.9AB4.E 4A5
TIC_BASEIS LAY	24596	0002.17DB. 14B1	114	9	32788	0090.2B52.0 2E1
TIC_MATA RANI	24596	0002.17DB. 14B1	133	1	32788	00D0.58CA. 2D2A

**Fuente: Elaboración propia**

Como vemos en la tabla 51, la distribución automática del protocolo STP se diferencia básicamente en el valor de la dirección MAC, colocando como puente raíz de la VLAN 20 al switch KORENIX, por ende, todos los demás switches tendrán como prioridad de raíz y prioridad de MAC los valores de dicho dispositivo. La diferencia se dará primeramente entre el costo de enlace, que como mencione anteriormente es por defecto en FastEthernet de 19, es decir, que entre más corto sea el costo de enlace, la prioridad será mayor para llegar a

través de ese dispositivo al puente raíz. En caso de que algún dispositivo empate con otro mediante los parámetros mencionados, entonces ahí entrara a tallar el valor de la interfaz de enlace y finalmente el valor de la dirección MAC más baja.

En mismo procedimiento se aplica en la distribución del protocolo STP para la VLAN 25 o red de RTU, como podemos apreciar en la tabla 52.

**Tabla 52. Distribución STP para la VLAN 25**

Switch	Prioridad Root ID	Dirección MAC	Costo	Puerto	Prioridad Bridge ID	Dirección MAC
NEXUS	24601	0002.17DB. 14B1	19	6	32793	00E0.F940. 2812
KORENIX	24601	0002.17DB. 14B1	This bridge is the root	This bridge is the root	24601	0002.17DB .14B1
SW01_CC O	24601	0002.17DB. 14B1	19	1	32793	0006.2A15. 30EB
SW02_CC O	24601	0002.17DB. 14B1	38	5	32793	00D0.5848. 8DCA

TIC_PARQ UEINDUS TRIAL	24601	0002.17DB. 14B1	57	12	32793	00D0.BAE 0.9430
TIC- CHILINA	24601	0002.17DB. 14B1	76	6	32793	0001.6382. D945
TIC_ALTO CAYMA	24601	0002.17DB. 14B1	95	1	32793	00D0.97EE .0100
TIC_CHAR CANI	24601	0002.17DB. 14B1	114	3	32793	0060.3E83. D082
TIC_PORO GOCHE	24601	0002.17DB. 14B1	114	1	32793	00D0. 580B.CD2 6
TIC_REAL PLAZA	24601	0002.17DB. 14B1	133	23	32793	000B.BE17 .7944
TIC_PLAM BRAMANI	24601	0002.17DB. 14B1	152	3	32793	00D0.BA8 D.59D9
TIC_SOCA BAYA01	24601	0002.17DB. 14B1	133	13	32793	0000.0C81. E536

TIC_CNOR TE	24601	0002.17DB. 14B1	114	9	32793	000B.BE9 C.7D79
TIC_CHAL LAPAMPA	24601	0002.17DB. 14B1	95	10	32793	0030.A3E D.D1A0
TIC_SLAZ ARO	24601	0002.17DB. 14B1	76	4	32793	0002.1630. 3B3B
TIC_JESUS	24601	0002.17DB. 14B1	57	8	32793	000C.CF7 C.B38B
TIC_PAUC ARPATA	24601	0002.17DB. 14B1	76	23	32793	0001.9659. 4C5B
CHACHAN I	24601	0002.17DB. 14B1	38	9	32793	000D.BD7 8.46DB
TIC- ELCRUCE	24601	0002.17DB. 14B1	57	1	32793	0030.F2A1 .0030
TIC_CAM ANA	24601	0002.17DB. 14B1	76	3	32793	0005.5E91. 2338

TIC- JAHUAY	24601	0002.17DB. 14B1	95	3	32793	0002.1614. 7C6D
TIC_REPA RTICION	24601	0002.17DB. 14B1	57	1	32793	0001.97B7. E1E1
TIC_MAJE S	24601	0002.17DB. 14B1	57	7	32793	000B.BED 5.720C
TIC_CORI RE	24601	0002.17DB. 14B1	76	1	32793	0030.F2A6 .BED7
TIC_MOLL ENDO	24601	0002.17DB. 14B1	57	1	32793	0050.0F63. 3702
TIC_MEJI A	24601	0002.17DB. 14B1	76	1	32793	0001.632A. C47A
TIC_LACU RVA	24596	0002.17DB. 14B1	95	8	32793	0002.17EE. 9543
TIC_COCA CHACRA	24596	0002.17DB. 14B1	114	4	32793	0002.4AD2 .7571

TIC_CHUC ARAPI	24596	0002.17DB. 14B1	133	1	32793	0001.6378. 4D8E
TIC_AGU ALIMA	24596	0002.17DB. 14B1	114	6	32793	0004.9AB4 .E4A5
TIC_BASE ISLAY	24596	0002.17DB. 14B1	114	9	32793	0090.2B52. 02E1
TIC_MAT ARANI	24596	0002.17DB. 14B1	133	1	32793	00D0.58C A.2D2A

**Fuente:** Elaboración propia

#### 1.4 Propuesta 4 - Configuración de la seguridad del puerto

A continuación, describiré como configurar la seguridad de puerto en un switch de comunicación proporcionando directrices, procedimientos y un ejemplo de configuración.

##### 1.4.1 Descripción general de la seguridad de puerto

Se puede utilizar la función de seguridad de puerto para restringir la entrada a una interfaz limitando e identificando las direcciones MAC de las estaciones de trabajo que tienen permiso para acceder al puerto. Cuando asigna direcciones MAC seguras a un puerto seguro, el puerto no envía paquetes con direcciones de origen fuera del grupo de direcciones definidas. Si se limita el número de direcciones MAC seguras a una y se asigna una sola dirección MAC segura, la estación de trabajo conectada a ese puerto garantiza el ancho de banda total del puerto.

Si un puerto está configurado como un puerto seguro y se alcanza el número máximo de direcciones MAC seguras, se produce una infracción de seguridad cuando la dirección MAC de una estación de trabajo que intenta acceder al puerto es diferente de cualquiera de las direcciones MAC seguras identificadas.

Después de haber establecido el número máximo de direcciones MAC seguras en un puerto, las direcciones seguras se incluyen en una tabla de direcciones de la siguiente forma:

- Puede configurar todas las direcciones MAC seguras mediante el comando **switchport port-security mac-address mac\_address**.
- Puede permitir que el puerto configure dinámicamente direcciones MAC seguras con las direcciones MAC de los dispositivos conectados.
- Puede configurar varias direcciones y permitir que el resto se configure dinámicamente.

Puede configurar las direcciones MAC para que sean tipo stick o también conocidas como pegajosas. Éstos se pueden aprender dinámicamente o configurarse manualmente, almacenarse en la tabla de direcciones y agregarse a la configuración en ejecución. Si estas direcciones se guardan en el archivo de configuración, la interfaz no necesita volver a aprenderlas dinámicamente cuando se reinicia el switch. Aunque las direcciones seguras pegajosas se pueden configurar manualmente, no se recomienda.

Se puede configurar una interfaz para convertir las direcciones MAC dinámicas en direcciones MAC seguras y pegajosas y agregarlas a la configuración en ejecución al habilitar el aprendizaje pegajoso. Para habilitar el aprendizaje pegajoso, debemos ingresar el comando **switchport port-security mac-address sticky**. Al introducir este comando, la interfaz convierte todas las direcciones MAC seguras dinámicas, incluidas aquellas que se

aprendieron dinámicamente antes de habilitar el aprendizaje pegajoso, a direcciones MAC seguras y pegajosas.

Las direcciones MAC seguras no se convierten automáticamente en parte del archivo de configuración, que es el inicio Configuración que se utiliza cada vez que se reinicia el switch. Si guarda las direcciones MAC seguras y pegajosas en el archivo de configuración, cuando reinicie el switch, la interfaz no necesita volver a aprender estas direcciones. Si no guarda la configuración, se perderán.

Si el aprendizaje pegajoso está deshabilitado, las direcciones MAC seguras se convierten en direcciones seguras dinámicas y se eliminan de la configuración en ejecución.

Una vez configurado el número máximo de direcciones MAC seguras, se almacenan en una tabla de direcciones. Para asegurarse de que un dispositivo conectado tiene el ancho de banda completo del puerto, configure la dirección MAC del dispositivo conectado y establezca el número máximo de direcciones en uno, que es el predeterminado.

### **1.4.2 Directrices y Restricciones de Seguridad de puerto**

Debemos tener en cuenta las siguientes pautas al momento de configurar la seguridad de puerto:

- Un puerto seguro no puede ser un puerto troncal.
- Un puerto seguro no puede ser un puerto de destino para Switch Port Analyzer (SPAN).
- Un puerto seguro no puede pertenecer a una interfaz de canal de puerto EtherChannel.
- Un puerto seguro y una configuración de dirección MAC estática son mutuamente excluyentes.

### 1.4.3 Configuración de la seguridad de puertos en una interfaz

Para restringir el tráfico a través de un puerto limitando e identificando las direcciones MAC de las estaciones permitidas para acceder al puerto, utilice los siguientes comandos de línea:

```
Comercial01-PARQUE_INDUSTRIAL(config)#interface FastEthernet 0/16  
Comercial01-PARQUE_INDUSTRIAL (config-if) #switchport mode access  
Comercial01-PARQUE_INDUSTRIAL(config-if) #switchport port-security  
Comercial01-PARQUE_INDUSTRIAL(config-if) #switchport port-security  
mac-address0007.ECCE. E806  
Comercial01-PARQUE_INDUSTRIAL(config-if) #end
```

Para verificar que la seguridad en cada puerto deseado este configurada utilice el siguiente comando:

```
Comercial01-PARQUE_INDUSTRIAL#show security-port
```



**Gráfico 210. Tabla de seguridad de puerto**

```

SOCIEDAD ELECTRICA DEL SUR OESTE SEAL S.A
UNIDAD DE OPERACIONES COMERCIALES

Comercial01-PARQUE INDUSTRIAL>
Comercial01-PARQUE INDUSTRIAL>
Comercial01-PARQUE INDUSTRIAL>en
Comercial01-PARQUE INDUSTRIAL#show port-security
Secure Port MaxSecureAddr CurrentAddr SecurityViolation Security Acti
          (Count)          (Count)          (Count)
-----
Fa0/3      1          1          0      Shutdown
Fa0/4      1          0          0      Shutdown
Fa0/5      1          0          0      Shutdown
Fa0/6      1          0          0      Shutdown
Fa0/7      1          0          0      Shutdown
Fa0/8      1          0          0      Shutdown
Fa0/9      1          0          0      Shutdown
Fa0/10     1          1          0      Shutdown
Fa0/11     1          0          0      Shutdown
Fa0/12     1          0          0      Shutdown
Fa0/13     1          0          0      Shutdown
Fa0/14     1          1          0      Shutdown
Fa0/15     1          1          0      Shutdown
Fa0/16     1          1          0      Shutdown
Fa0/17     1          1          0      Shutdown
Fa0/18     1          1          0      Shutdown
Fa0/19     1          1          0      Shutdown
Fa0/20     1          1          0      Shutdown
Fa0/21     1          1          0      Shutdown
Fa0/22     1          1          0      Shutdown
Fa0/23     1          1          0      Shutdown
Fa0/24     1          1          0      Shutdown
Gig0/1     1          1          0      Shutdown
Gig0/2     1          1          0      Shutdown
-----
Comercial01-PARQUE INDUSTRIAL#
    
```

**Fuente: Elaboración propia**

En el gráfico 210, podemos apreciar la tabla o visualizador de infracciones, en ella encontramos básicamente 4 tipos de parámetros:

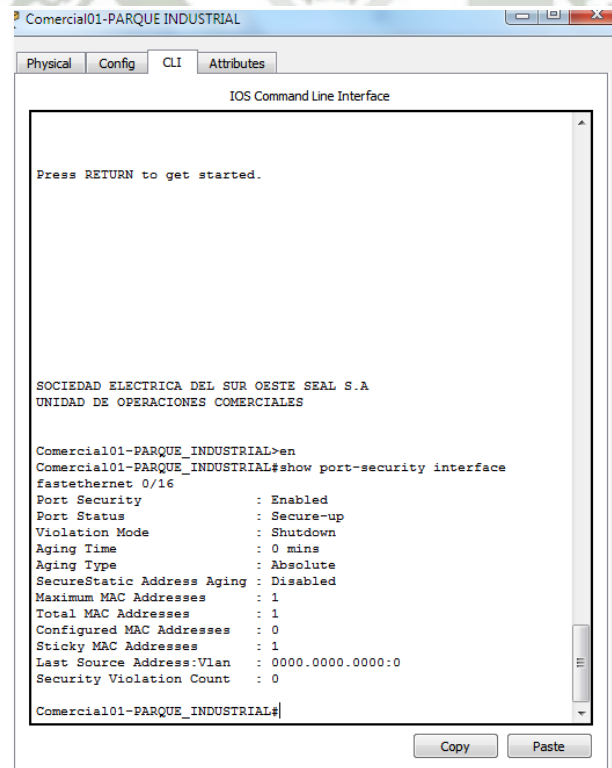
- El primero, referido al número máximo de direcciones MAC permitidas, el cual se encuentra configurado en 1 por defecto
- El segundo referido a que la dirección MAC configurada para un puerto en específico ha tenido tráfico de datos sobre la red.
- El tercero, referido al número de veces que un puerto en específico ha sufrido violación de seguridad, además de las veces que esto ha ocurrido.
- Y finalmente, el tipo de seguridad activado, el cual por defecto se configura en “Shutdown”, que quiere decir que el puerto se bloquea y apaga automáticamente

apenas se inicie cualquier tipo de tráfico hacia la red. Para desbloquear el puerto es necesario reiniciar el switch comprometido.

Para poder visualizar la configuración de seguridad por puerto, aplique el siguiente comando de línea, esto nos hará visualizar si la configuración efectivamente se encuentra activada, tal y como se muestra en la gráfica 211:

Comercial01-PARQUE\_INDUSTRIAL # show port-security interface FastEthernet 0/16

**Gráfico 211. Verificación de la seguridad de un puerto específico**



```
Comercial01-PARQUE INDUSTRIAL
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

Press RETURN to get started.

SOCIEDAD ELECTRICA DEL SUR OESTE SEAL S.A
UNIDAD DE OPERACIONES COMERCIALES

Comercial01-PARQUE_INDUSTRIAL>en
Comercial01-PARQUE_INDUSTRIAL#show port-security interface
fastethernet 0/16
Port Security          : Enabled
Port Status            : Secure-up
Violation Mode         : Shutdown
Aging Time             : 0 mins
Aging Type             : Absolute
SecureStatic Address Aging : Disabled
Maximum MAC Addresses : 1
Total MAC Addresses   : 1
Configured MAC Addresses : 0
Sticky MAC Addresses  : 1
Last Source Address:Vlan : 0000.0000.0000:0
Security Violation Count : 0

Comercial01-PARQUE_INDUSTRIAL#
```

**Fuente: Elaboración propia**

Finalmente, para verificar la tabla de direcciones MAC de cada puerto del switch, como vemos en la gráfica 212, utilice el siguiente comando de línea:

Comercial01-PARQUE\_INDUSTRIAL#show port-security address

**Gráfico 212. Verificación de la seguridad de puerto mediante la tabla de direcciones MAC**

```
Comercial01-PARQUE_INDUSTRIAL#show port-security address
Secure Mac Address Table
```

Vlan	Mac Address	Type	Ports	Remaining Age (mins)
136	0002.1645.608D	SecureSticky	FastEthernet0/3	
136	0001.C74D.82ED	SecureSticky	FastEthernet0/10	
136	000D.BD28.630A	SecureSticky	FastEthernet0/14	
136	00D0.5862.773B	SecureSticky	FastEthernet0/15	
136	00E0.F7B8.3807	SecureSticky	FastEthernet0/16	
136	0007.ECCE.E806	SecureConfigured	FastEthernet0/17	-
136	0007.ECCE.E807	SecureConfigured	FastEthernet0/18	-
136	0007.ECCE.E808	SecureConfigured	FastEthernet0/19	-
1	0007.ECCE.E809	SecureConfigured	FastEthernet0/20	-
1	0007.ECCE.E805	SecureConfigured	FastEthernet0/21	-
1	0007.ECCE.E804	SecureConfigured	FastEthernet0/22	-
1	0007.ECCE.E803	SecureConfigured	FastEthernet0/23	-
1	0007.ECCE.E802	SecureConfigured	FastEthernet0/24	-
1	0007.ECCE.E801	SecureConfigured	GigabitEthernet0/1	-
1	0007.ECCE.E800	SecureConfigured	GigabitEthernet0/2	-

```
Total Addresses in System (excluding one mac per port) : 0
--More--
```

**Fuente: Elaboración propia**

Para devolver la interfaz a la condición predeterminada como un puerto seguro no seguro, se puede utilizar el siguiente comando de línea:

Comercial01-PARQUE\_INDUSTRIAL#no switchport port-security interface FastEthernet 0/16

Cabe resaltar que la seguridad de puertos mediante tablas de direcciones MAC, si bien no es un estándar, viene inhibido en todos los switches de comunicación industrial, si bien es cierto

se toma como referencia el procedimiento de activación para switches Cisco, los comandos usados pueden ser implementados en switches de otras marcas, encontrándose algunas veces mínimas variaciones, sin embargo, el principio es el mismo.

## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Con la simulación se logró comprobar y comprender el funcionamiento de la red del sistema SCADA de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, se corroboró gráficamente el funcionamiento del protocolo Spanning Tree, así como también el tráfico de datos con y sin dicho protocolo activado.

La visualización de tráfico de paquetes represento de gran utilidad al momento de simular enlaces entre host de la red y comprender así el real impacto que tienen los bucles o loops de enrutamiento en el correcto funcionamiento del sistema.

La posibilidad de simular posibles escenarios hace que se puedan idear nuevas alternativas de comunicación sin la necesidad de intervenir en una primera instancia directamente en el sistema, evitando así posibles amonestaciones y problemas que esto conlleva si en caso se produjese una falla no esperada.

Packet Tracert nos brinda esa posibilidad gracias a su amigable manejo, tanto en la configuración como en el aspecto gráfico lo cual nos ayuda a tomar mejores decisiones al momento de administrar nuestra red.

La simulación de protocolo Spanning Tree se hizo básicamente tanto para la red de Relés (192.168.120.0) como para la red de RTU (100.10.20.0) puesto que ambas redes son las de

mayor grado de criticidad al momento de reportar al SCADA debido a que estas redes reportan directamente a los servidores de COES.

Con respecto a la simulación de seguridad de puerto, el programa responde tal cual se indica en la teoría, la simulación de este sistema de seguridad se hizo solamente en la subestación de Parque Industrial a modo de prueba, para poder corroborar efectivamente su funcionamiento, quedando pendiente aplicar dicha herramienta en cada una de las subestaciones de la concesión.

Las redes correspondientes a los enlaces GPRS y SATELITAL, si bien es cierto se encuentran integradas a la red simulada, en la realidad el enlace que hay entre los servidores SCADA y dichas subestaciones presentan configuraciones de mayor complejidad que serían difíciles de simular sin datos y parámetros exactos, es por eso que se optó por realizar conexiones directas para facilitar la implementación del protocolo STP.

## CONCLUSIONES

Después de haber realizado un análisis y evaluación de la red de telecomunicaciones del sistema SCADA de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste llegue a las siguientes conclusiones:

- Se elaboró un levantamiento topológico in situ de cada una de las subestaciones más importantes de la red del sistema SCADA de SEAL describiendo a detalle las características más importantes de cada una de ellas.
- Mediante un estudio de latencias y pérdidas de datos se analizó el comportamiento de la red de telecomunicaciones del sistema SCADA, se midió el ancho de banda consumido y se descartaron inconvenientes en ese aspecto, además se analizó los paquetes de datos que circulan a través de esta.
- Mediante el simulador de redes Cisco Packet Tracer se modeló la red de telecomunicaciones del sistema SCADA de SEAL, identificando las principales falencias de comunicación y proponiendo nuevas alternativas de solución.
- La seguridad de puertos o control de acceso mediante interface directa, es un tema muy importante para la inviolabilidad de redes, es por eso que mediante el simulador Cisco Packet Tracer se propone y simula su activación en la subestación de parque industrial, a modo de prueba y experimentación.
- El aumento de banda que utiliza el sistema SCADA de SEAL es irrelevante puesto que el consumo máximo de este en momentos pico no supera los 10/100Mbps de FastEthernet, por ende, la capacidad instalada es más que suficiente.
- Se hace necesario estandarizar el cableado interno y externo que tiene cada una de las subestaciones puesto que al manejar diferentes velocidades de tráfico de información se producen evidentes cuellos de botella que repercuten en la calidad de señal que llega hasta el SCADA principal.

- La necesidad de redundancia en redes convergentes hace que la existencia de bucles o loops de enrutamiento sea un hecho, por ende, se le debe tomar especial importancia a este tema, ya que esto representa la principal causa de pérdidas de enlaces entre las subestaciones y los sistemas SCADA, aunque su función debería ser exactamente lo contrario.

## RECOMENDACIONES

- El software Cisco Packet Tracer es una herramienta muy útil para la simulación de redes LAN al igual que el software Visio 2013 con el cual se facilita tremendamente la elaboración de arquitecturas de red.
- Se ha seleccionado, configurado y simulado los equipos de comunicación con el mayor detalle posible en cuanto a términos de redes se refiere.
- Debido a que actualmente el sistema SCADA aun reporta señales procedentes de las subestaciones de transformación hacia el centro de control a nivel de capa de enlace de datos, se hace necesaria la activación del protocolo Spanning Tree no solamente ante la posible incursión de ataque cibernéticos mediante básicamente tormentas de broadcast, sino también para la rápida re conexión automática de la comunicación ante posibles eventos en los enlaces troncales mediante la generación de nuevas rutas.
- Es recomendable que los equipos “bridge root” o puente raíz, se encuentren instalados en las estaciones centrales, como son el Centro de datos o los gabinetes de centro de control, puesto que, ante cualquier problema, se es posible actuar directamente en el equipo sin nunca perder comunicación total con dichos equipos.
- Es necesario que la red del sistema SCADA se comunique a nivel de capa de red, puesto que así la posibilidad de bucles de enrutamiento a este nivel se ve reducido

notoriamente debido a la inclusión del parámetro TTL o Time To Live, el cual es un campo con un número que se reduce cada vez que se salta sobre un router, esto hace que la duración de los paquetes sea finita. Sin embargo, mientras se siga trabajando a nivel de enlace de datos la utilización del protocolo Spanning Tree se hace necesaria.

- Las características de los equipos que se describieron anteriormente en esta tesis se corroboraron, en parte, por medio de los protocolos con la simulación y la implementación del modelo de red. Los protocolos de ruteo funcionaron de acuerdo a lo establecido, dando como válida la red propuesta.



## BIBLIOGRAFÍA

*Redes* 2. (s.f.). Recuperado el 2 de Octubre de 2016, de <https://sites.google.com/site/uvmredes2/4-protocolos-de-enrutamiento-vector-distancia/4-4-loops-de-enrutamiento>

Apaza Condori, D. (2008). *Diseño de un sistema de comunicaciones integral para voz, datos y video, adquirir, supervisar, monitorear y controlar variables eléctricas a distancia en las subestaciones eléctricas de majes, corire y chuquibamba (sistema scada) de la empresa sociedad el*. Arequipa: UCSM.

*Automatas.org*. (s.f.). Recuperado el 2016, de <http://www.automatas.org/redes/scadas.htm>

Barrenechea Zavala, T. I. (2011). *Diseño de una red inalámbrica para una empresa de Lima*. Lima.

Caballero Rondan, J. A. (2008). *Estudio para la actualización tecnológica del centro de control en cumplimiento de la norma técnica de coordinación de la operación en tiempo real*. Lima: PUCP.

Cano Gordillo, C. A. (2004). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo inalámbrico orientado a la adquisición y supervisión de parámetros eléctricos de una subestación eléctrica con Labview*. Arequipa: UCSM.

*ciscocna3.blogspot.pe*. (s.f.). Obtenido de <http://ciscocna3.blogspot.pe/2012/07/stp-spanning-tree-protocol.html>

Coello, A. C. (s.f.). Obtenido de <http://acesarm44.blogspot.pe/2012/07/capitulo-iv-stp.html>

*ComDatosGrupo4*. (s.f.). Obtenido de [https://sites.google.com/site/comdatosgrupo4/contenidos/cap2\\_capa-enlace-datos](https://sites.google.com/site/comdatosgrupo4/contenidos/cap2_capa-enlace-datos)

DEMSA. (s.f.). Recuperado el 2016, de <http://www.demsacr.com/soluciones/edificios-comercio/sistemas-de-proteccion>

*Diseño de una red de telemetría para el complejo hidroeléctrico del Mantaro.* (s.f.).

Figueiras, A. R. (2002). *Una Panorámica de las Telecomunicaciones*. Madrid: Pearson Education S.A.

Flotante, P. (s.f.). Recuperado el 2016, de <http://www.puntofotante.net/RS485.htm>

FONAFE. (s.f.). *fonafe.gob*. Obtenido de <http://www.fonafe.gob.pe/portal?accion=empresas&t=1&i=18&o=01&m=>

García, J. C. (2010). *Prácticas de Redes de Area Local e Interconexión de Redes*. Valencia: Standard Copyright License.

Group, A. (s.f.). *Teoría de Protocolos*. Recuperado el 2 de Octubre de 2016, de [http://www.axongroup.com.co/protocolo\\_61850.php](http://www.axongroup.com.co/protocolo_61850.php)

Group, A. (s.f.). *Teoría de Protocolos*. Recuperado el Octubre de 2016, de [http://www.axongroup.com.co/protocolo\\_dnp.php](http://www.axongroup.com.co/protocolo_dnp.php)

Herederero, C. d. (2004). *Informática y Comunicaciones en la Empresa*. Madrid: ESIC.

Hernán Arturo Santana, D. A. (s.f.). *REDES DE INGENIERÍA*. Recuperado el 2 de Octubre de 2016, de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/REDES/rt/printerFriendly/6384/7907>

Horna von Ehren, E. (2011). *Diseño del enlace de comunicaciones entre la central térmica de Chilca y la subestación eléctrica de San Juan*. Lima: PUCP.

*Informática para principiantes*. (2016). Obtenido de <http://novatosti.blogspot.pe/2015/11/cuestionario-de-informatica-basica.html>

Jáuregui Hernández, A. (2011). *Diseño de una red de telemetría para el complejo hidroeléctrico del Mantaro*. Lima: PUCP.

Lechtaler, A. R. (2006). *Teleinformática para ingenieros en sistemas de información*. Barcelona: Reverté S.A.

Malpica, C. R. (2014). *DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE RED DE DATOS INTERINSTITUCIONAL PARA EL MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE INFORMACIÓN RECIBIDA EN UNA ESTACIÓN TERRENA*. . Mexico D.F.

Moreno, L. (s.f.). *Departamento de diseño web de BJS Software*. Obtenido de El modelo OSI (III): [http://usuariis.tinet.cat/acl/html\\_web/redes/osi/osi\\_3.html](http://usuariis.tinet.cat/acl/html_web/redes/osi/osi_3.html)

Mouteira, R. I. (2006). *Instalacion de redes informaticas de ordenadores* . Vigo: IdeasPropias.

Moya, J. M. (2008). *Administracion de sistemas Informaticos Redes de Area Local*. Madrid: Thomson Ediciones Paraninfo S.A.

Opticas, T. C. (s.f.). *Nemesis.tel*. Recuperado el Octubre de 2 de 2016, de <http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/index.htm>

Oracle. (s.f.). *Guía de administración del sistema: servicios IP*. Obtenido de Modelo de arquitectura del protocolo TCP/IP: <https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipov-10/>

Oracle. (s.f.). *Guía de administración del sistema: servicios IP*. Obtenido de Capa de aplicación: <https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipov-22/index.html>

RALE. (2006). *Diccionario esencial de la lengua española*. Madrid: Espasa Calpe.

S.A, S. (s.f.). *Mision y Vision*. Obtenido de [http://www.seal.com.pe/compa%C3%B1a/Paginas/Vision\\_Mision\\_Valores.aspx](http://www.seal.com.pe/compa%C3%B1a/Paginas/Vision_Mision_Valores.aspx)

S.A, S. (s.f.). *Mision y Vision de SEAL S.A*. Obtenido de [http://www.seal.com.pe/compa%C3%B1a/Paginas/Vision\\_Mision\\_Valores.aspx](http://www.seal.com.pe/compa%C3%B1a/Paginas/Vision_Mision_Valores.aspx)

SEAL S.A. (s.f.). Obtenido de [http://www.seal.com.pe/compa%C3%B1a/Paginas/Vision\\_Mision\\_Valores.aspx](http://www.seal.com.pe/compa%C3%B1a/Paginas/Vision_Mision_Valores.aspx)

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicación Electrónica*. Ciudad de México: Pearson Education S.A.

UAGRO. (s.f.). *UAGRO*. Obtenido de Curso CCNA1-Modulo 6: <http://ecovi.uagro.mx/ccna1/course/module6/6.1.1.1/6.1.1.1.html>

UNICEN, F. d. (s.f.). Obtenido de <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/comdat1/material/ElmodeloOSI.pdf>

Wikipedia. (s.f.). Recuperado el Octubre de 2016, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Difusi%C3%B3n\\_amplia](https://es.wikipedia.org/wiki/Difusi%C3%B3n_amplia)

Wikipedia. (s.f.). *IEEE 802.1Q*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.1Q](https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.1Q)

Wikipedia. (2 de Octubre de 2016). *Wikipedia*. Recuperado el 2 de Octubre de 2016, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

Wikipedia. (s.f.). *Analizador de redes*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Analizador\\_de\\_protocolos](https://es.wikipedia.org/wiki/Analizador_de_protocolos)



## ANEXOS

### Configuración de los equipos principales

#### CORE\_SUCRE

CORE\_SUCRE#show run

Building configuration...

Current configuration: 1731 bytes

!

version 12.2

no service timestamps log date time msec

no service timestamps debug date time msec

no service password-encryption

!

hostname CORE\_SUCRE

!

!

!

enable secret 5 \$1\$mERr\$eYVpOpY0nmPTmGypRB1d9.

enable password S3@l2016

!

!

!

!

!

!

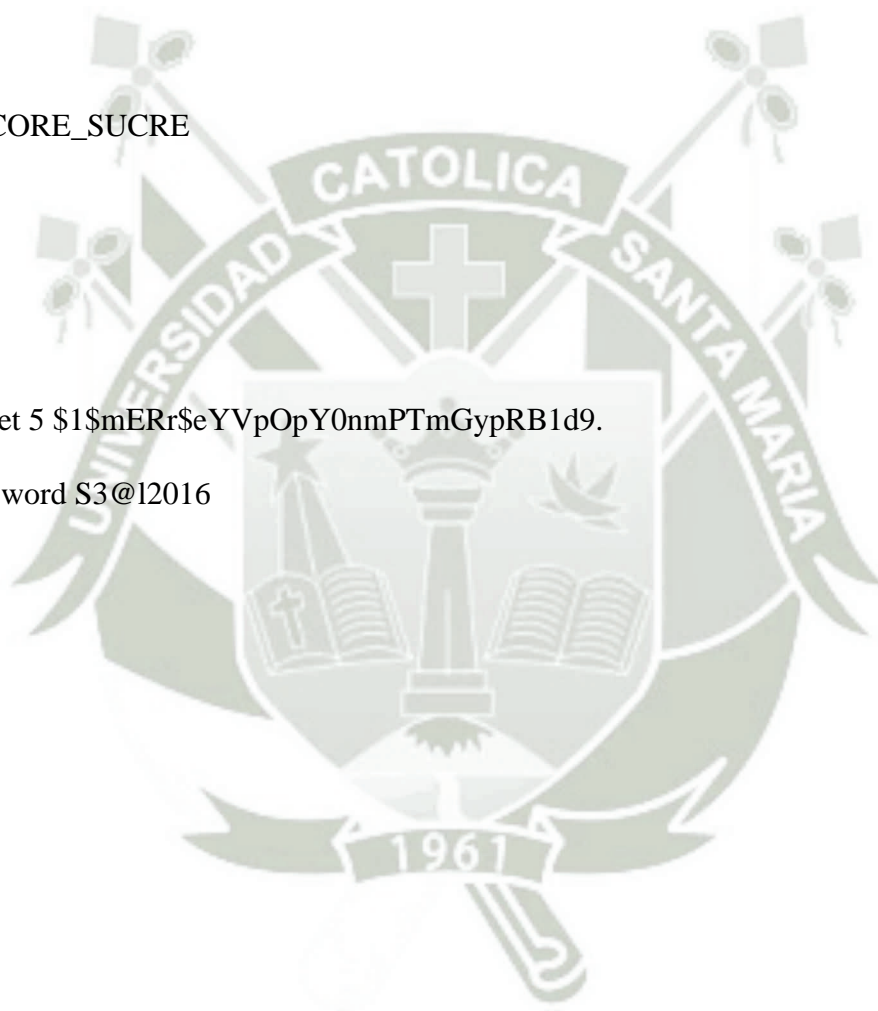
no ip cef

no ipv6 cef

!

!

!



!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

```
interface GigabitEthernet0/0
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

!

```
interface GigabitEthernet0/0.20
```

```
encapsulation dot1Q 20
```

```
ip address 192.168.120.1 255.255.255.0
```

!



```
interface GigabitEthernet0/0.50
encapsulation dot1Q 50
ip address 192.168.50.1 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0.100
encapsulation dot1Q 100
ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0.121
encapsulation dot1Q 121
ip address 192.168.121.1 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0.122
encapsulation dot1Q 122
ip address 192.168.122.1 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0.135
encapsulation dot1Q 135
ip address 192.168.135.1 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0.136
encapsulation dot1Q 136
ip address 192.168.136.1 255.255.255.0
!
```

```
interface GigabitEthernet0/0.249
encapsulation dot1Q 249
ip address 172.31.249.1 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0.250
encapsulation dot1Q 250
ip address 172.31.250.1 255.255.255.0
!
router rip
!
ip classless
ip route 172.31.250.0 255.255.255.0 172.50.60.1
ip route 172.31.249.0 255.255.255.0 172.50.60.1
ip route 192.168.121.0 255.255.255.0 172.50.60.1
ip route 192.168.122.0 255.255.255.0 172.50.60.1
!
ip flow-export version 9
!
!
!
banner motd ^C
SOCIEDAD ELECTRICA DEL SUR OESTE SEAL S.A
UNIDAD DE TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y COMUNICACIONES (TIC)
^C
```

!

!

!

!

line con 0

password S3@l2016

login

!

line aux 0

!

line vty 0 4

login

!

!

!

End

**CORE\_NEXUS**

show run

Building configuration...

Current configuration: 2644 bytes

!

version 12.1



```
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
no service password-encryption
!
hostname NEXUS
!
enable secret 5 $1$mERr$eYVpOpY0nmPTmGypRB1d9.
enable password S3@l2016
!
!
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree vlan 1-2,50,100,121-122,249-250 priority 24576
!
interface FastEthernet0/1
switchport access vlan 50
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address 00D0.BCEA.695B
!
interface FastEthernet0/2
switchport access vlan 50
switchport mode access
```

```
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address 0006.2AD9.A153
!
interface FastEthernet0/3
switchport access vlan 50
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0002.1696.202D
!
interface FastEthernet0/4
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/5
!
interface FastEthernet0/6
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/7
switchport access vlan 50
switchport mode access
shutdown
!
```

```
interface FastEthernet0/8
switchport access vlan 121
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/9
switchport access vlan 250
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/10
switchport access vlan 50
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0002.1696.202E
!
interface FastEthernet0/11
!
interface FastEthernet0/12
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/13
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/14
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/15
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/16
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/17
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/18
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/19
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/20
```

```
shutdown
```

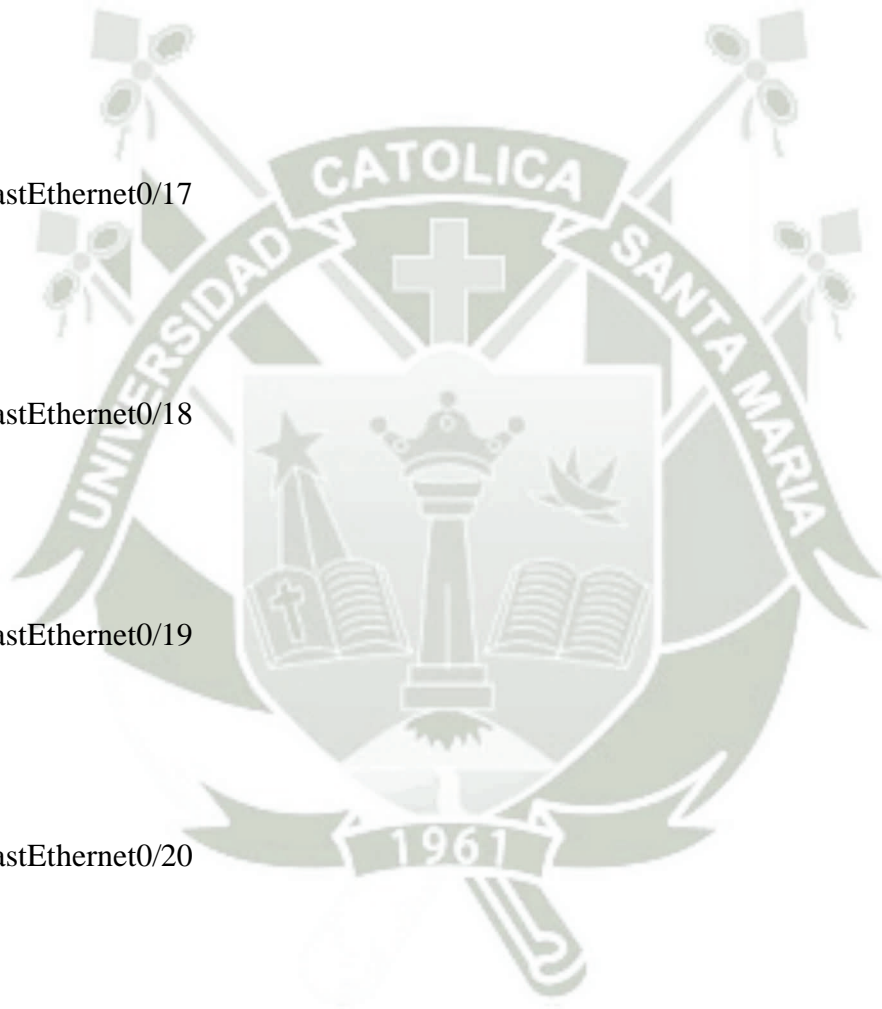
```
!
```

```
interface FastEthernet0/21
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/22
```



shutdown

!

interface FastEthernet0/23

switchport access vlan 121

shutdown

!

interface FastEthernet0/24

switchport mode trunk

shutdown

!

interface GigabitEthernet0/1

switchport mode trunk

!

interface GigabitEthernet0/2

shutdown

!

interface Vlan1

no ip address

shutdown

!

interface Vlan100

mac-address 00e0.f940.2801

ip address 192.158.100.2 255.255.255.0

!

```
ip default-gateway 192.168.100.1
```

```
!
```

```
banner motd ^C
```

```
SOCIEDAD ELECTRICA DEL SUR OESTE SEAL S.A
```

```
UNIDAD DE TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y COMUNICACIONES (TIC)
```

```
^C
```

```
!
```

```
!
```

```
!
```

```
line con 0
```

```
password S3@l2016
```

```
login
```

```
!
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
line vty 5 15
```

```
login
```

```
!
```

```
!
```

```
!
```

```
End
```

### **Router VSAT**

```
Router_VSAT#show run
```



Building configuration...

Current configuration: 1689 bytes

!

version 12.2

no service timestamps log datetime msec

no service timestamps debug datetime msec

no service password-encryption

!

hostname Router\_VSAT

!

!

!

enable secret 5 \$1\$mERr\$eYVpOpY0nmPTmGypRB1d9.

enable password S3@l2016

!

!

!

!

!

!

no ip cef

no ipv6 cef

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

```
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.45.1 255.255.255.0

duplex auto

speed auto

!

interface FastEthernet1/0

ip address 192.168.120.1 255.255.255.0
```



```
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial2/0
ip address 10.75.100.1 255.0.0.0
encapsulation frame-relay
!
interface Serial3/0
ip address 172.50.50.2 255.255.0.0
clock rate 2000000
shutdown
!
interface FastEthernet4/0
no ip address
shutdown
!
interface FastEthernet5/0
no ip address
shutdown
!
interface FastEthernet6/0
no ip address
duplex auto
```

speed auto

shutdown

!

interface FastEthernet7/0

no ip address

duplex auto

speed auto

shutdown

!

interface FastEthernet8/0

ip address 172.67.20.1 255.255.0.0

duplex auto

speed auto

shutdown

!

interface FastEthernet9/0

no ip address

duplex auto

speed auto

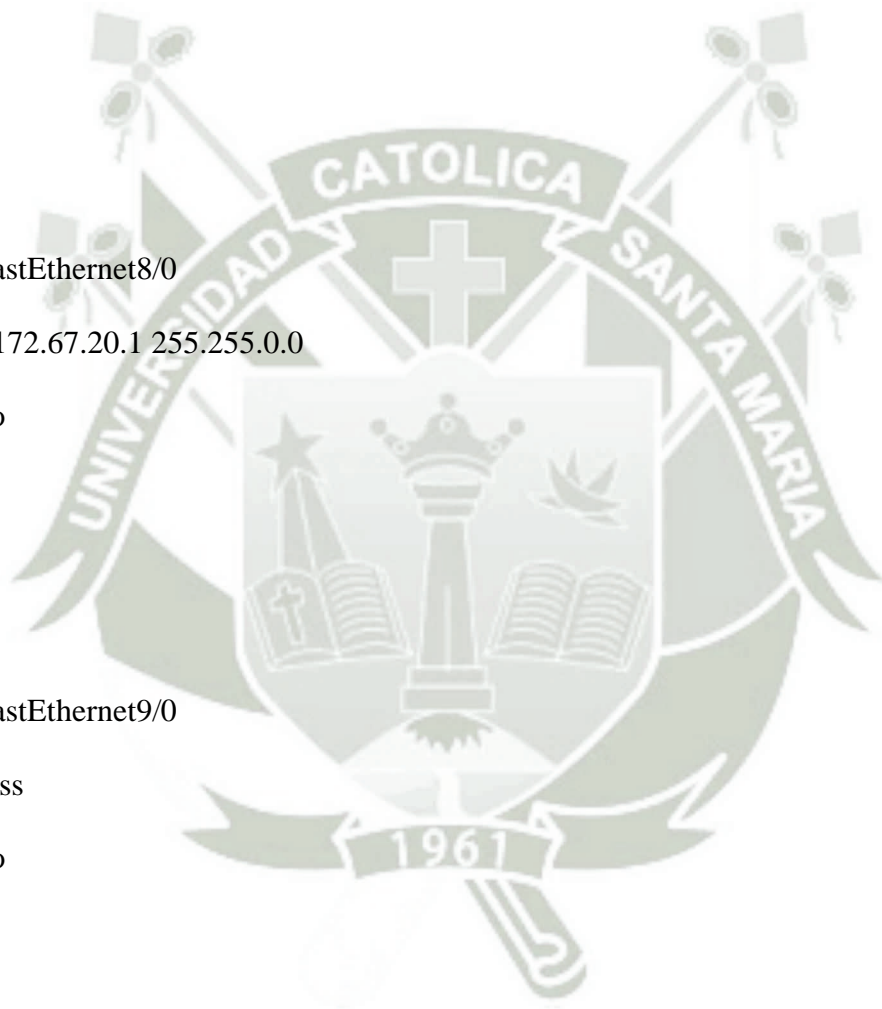
shutdown

!

router rip

!

ip classless



```
ip route 192.168.7.0 255.255.255.0 10.75.89.2
ip route 192.168.5.0 255.255.255.0 10.75.56.3
ip route 192.168.122.0 255.255.255.0 10.75.90.3
ip route 192.168.121.0 255.255.255.0 10.75.90.3
ip route 172.31.249.0 255.255.255.0 10.75.90.3
ip route 172.31.250.0 255.255.255.0 10.75.90.3
ip route 192.168.120.0 255.255.255.0 172.50.50.1
!
ip flow-export version 9
!
!
!
no cdp run
!
banner motd ^C
SOCIEDAD ELECTRICA DEL SUR OESTE SEAL S.A
UNIDAD DE CONTROL DE OPERACIONES
^C
!
!
!
!
line con 0
password S3@l2016
```

```
!  
line aux 0  
!  
line vty 0 4  
login  
!  
!  
!  
End  
KORENIX  
KORENIX#show run  
Building configuration...  
Current configuration: 1963 bytes  
!  
version 12.2  
no service timestamps log datetime msec  
no service timestamps debug datetime msec  
no service password-encryption  
!  
hostname KORENIX  
!  
!
```



!

```
enable secret 5 $1$mERr$eYVpOpY0nmPTmGypRB1d9.
```

```
enable password S3@l2016
```

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

!

```
spanning-tree mode rapid-pvst
```

```
spanning-tree vlan 3,20,25,135-136 priority 24576
```

!



```
!  
!  
!  
!  
!  
interface FastEthernet0/1  
!  
interface FastEthernet0/2  
!  
interface FastEthernet0/3  
switchport trunk encapsulation dot1q  
switchport mode trunk  
!  
interface FastEthernet0/4  
switchport access vlan 19  
switchport trunk encapsulation dot1q  
switchport mode access  
!  
interface FastEthernet0/5  
switchport access vlan 100  
!  
interface FastEthernet0/6  
  
shutdown  
!  
!
```

```
interface FastEthernet0/7
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/8
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/9
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/10
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/11
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/12
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/13
```

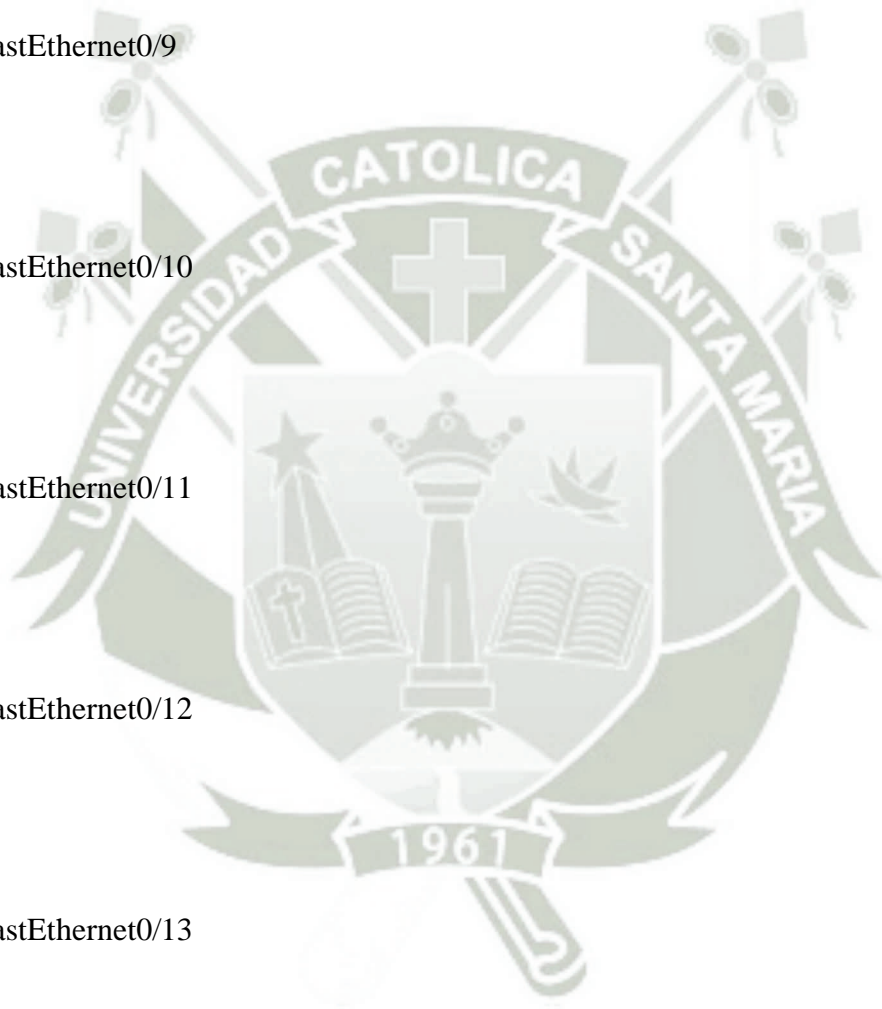
```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/14
```

```
shutdown
```

```
!
```



```
interface FastEthernet0/15
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/16
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/17
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/18
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/19
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/20
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/21
```

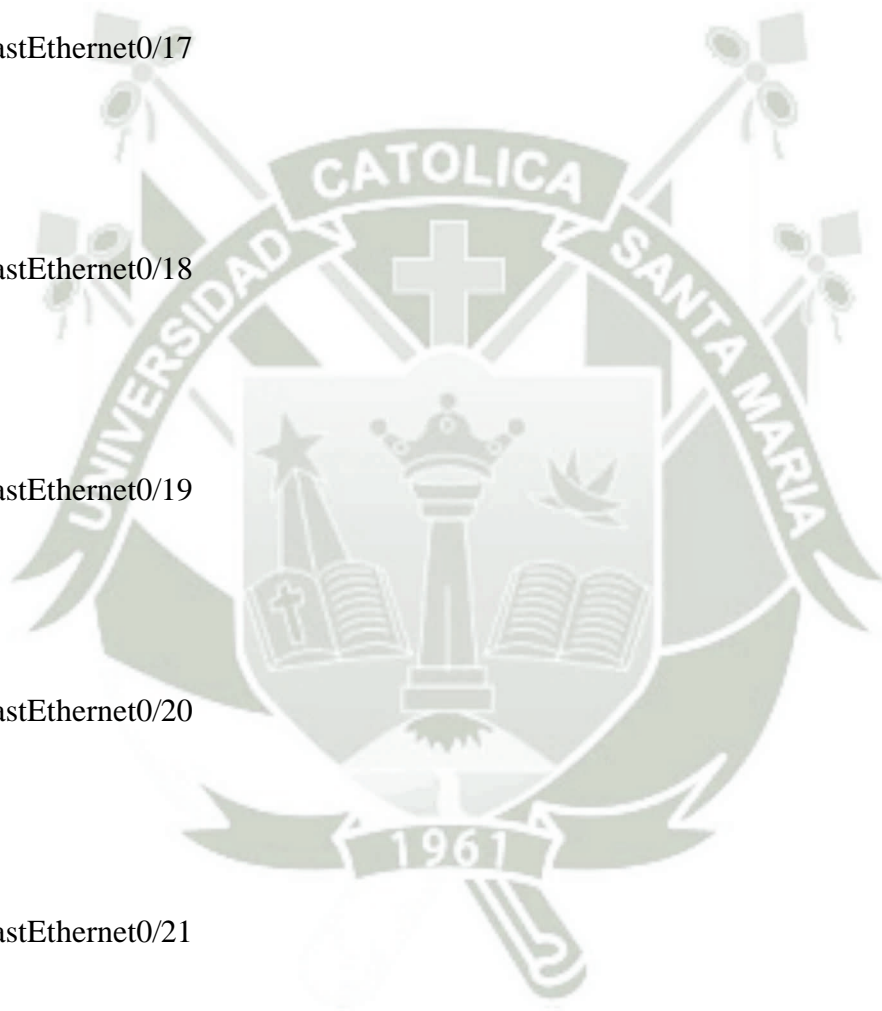
```
shutdown
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/22
```

```
shutdown
```

```
!
```



```
interface FastEthernet0/23
shutdown
!
interface FastEthernet0/24
shutdown
!
interface GigabitEthernet0/1
shutdown
!
interface GigabitEthernet0/2
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan19
mac-address 0002.17db.1401
ip address 10.228.127.5 255.255.255.0
!
interface Vlan100
mac-address 0002.17db.1402
ip address 192.168.100.7 255.255.255.0
!
```

ip classless

!

ip flow-export version 9

!

!

!

banner motd ^C

SOCIEDAD ELECTRICA DEL SUR OESTE SEAL S.A

UNIDAD DE CONTROL DE OPERACIONES

Acceso solo a personal autorizado

^C

!

!

!

!

line con 0

password S3@l2016

!

line aux 0

!

line vty 0 4

login

!



!

!

End

**SW01\_CCO**

SW01\_CCO#show run

Building configuration...

Current configuration: 3219 bytes

!

version 12.1

no service timestamps log datetime msec

no service timestamps debug datetime msec

no service password-encryption

!

hostname SW01\_CCO

!

!

!

spanning-tree mode rapid-pvst

!

interface FastEthernet0/1

switchport access vlan 70

switchport mode trunk

!

```
interface FastEthernet0/2
switchport access vlan 25
switchport trunk allowed vlan 1,4-8,10-12,14-19,21-84,86-1005
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0090.21BE.B668
```

!

```
interface FastEthernet0/3
switchport access vlan 25
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0001.6324.16E5
```

!

```
interface FastEthernet0/4
switchport access vlan 2
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0003.E464.D979
```

!

```
interface FastEthernet0/5
```

```
switchport access vlan 2  
switchport mode access  
switchport port-security  
switchport port-security mac-address sticky  
switchport port-security mac-address sticky 0090.2158.419B
```

!

```
interface FastEthernet0/6  
switchport access vlan 3  
switchport mode access  
switchport port-security  
switchport port-security mac-address sticky  
switchport port-security mac-address sticky 0009.7CC8.A123
```

!

```
interface FastEthernet0/7  
switchport access vlan 3  
switchport mode access  
switchport port-security  
switchport port-security mac-address sticky  
switchport port-security mac-address sticky 0004.9A0D.D443
```

!

```
interface FastEthernet0/8  
switchport access vlan 70  
switchport trunk nativa vlan 70  
switchport mode access
```

```
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0010.11CB.4083
!
interface FastEthernet0/9
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/10
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/11
switchport access vlan 70
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
!
interface FastEthernet0/12
switchport access vlan 70
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
!
interface FastEthernet0/13
!
```

```
interface FastEthernet0/14
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/15
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/16
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/17
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/18
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/19
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/20
```

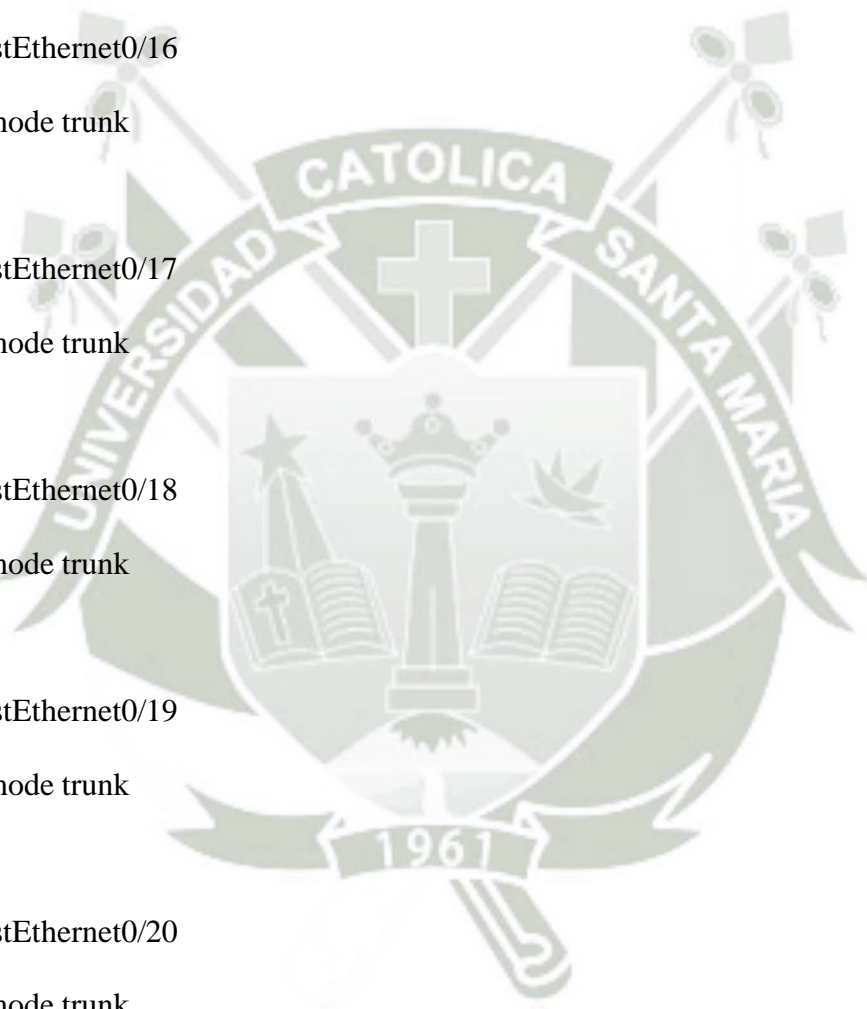
```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/21
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```



```
interface FastEthernet0/22
!
interface FastEthernet0/23
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/24
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet0/1
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet0/2
switchport mode trunk
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
interface Vlan100
mac-address 0006.2a15.3001
ip address 192.168.100.5 255.255.255.0
!
banner motd ^C
SOCIEDAD ELECTRICA DEL SUR OESTE SEAL S.A
```

UNIDAD DE CONTROL DE OPERACIONES

^C

!

!

!

line con 0

!

line vty 0 4

login

line vty 5 15

login

!

!

!

End

**SW02\_CCO**

SW02\_CCO#show run

Building configuration...

Current configuration: 2979 bytes

!

version 12.1

no service timestamps log datetime msec



```
no service timestamps debug datetime msec
no service password-encryption
!
hostname SW02_CCO
!
!
!
spanning-tree mode rapid-pvst
!
interface FastEthernet0/1
switchport access vlan 100
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/2
switchport access vlan 2
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0009.7C4E.C3BB
!
interface FastEthernet0/3
switchport access vlan 2
switchport mode access
switchport port-security
```

```
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0007.EC38.9222
!
interface FastEthernet0/4
switchport access vlan 20
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0001.C920.1227
!
interface FastEthernet0/5
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/6
switchport access vlan 2
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 000C.8566.4D2E
!
interface FastEthernet0/7
switchport access vlan 2
switchport mode access
switchport port-security
```

```
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0002.1723.9DB1
!
interface FastEthernet0/8
switchport access vlan 3
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0001.9736.6DD0
!
interface FastEthernet0/9
switchport trunk native vlan 70
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/10
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/11
switchport access vlan 2
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
switchport port-security mac-address sticky 0060.2FA0.9C46
!
```

```
interface FastEthernet0/12
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/13
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/14
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/15
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/16
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/17
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/18
```

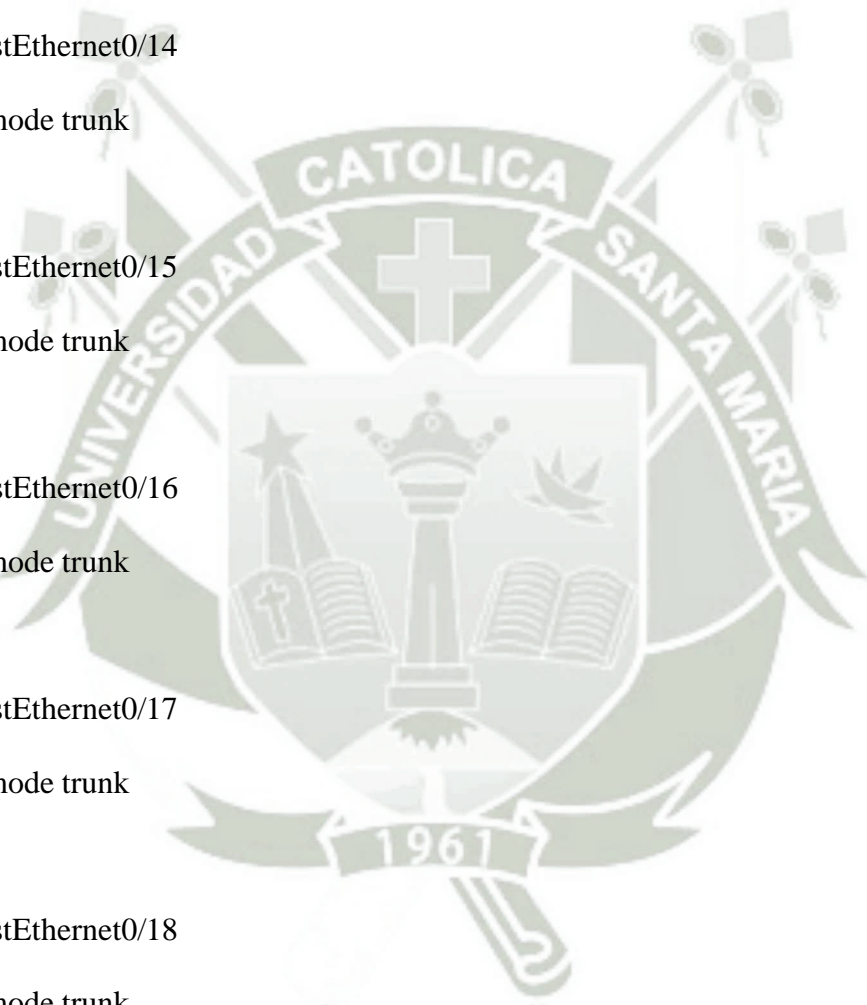
```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/19
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/20
```



```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/21
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/22
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/23
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/24
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface GigabitEthernet0/1
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface GigabitEthernet0/2
```

```
switchport mode trunk
```

```
!
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
interface Vlan100
mac-address 00d0.5848.8d01
ip address 192.168.100.6 255.255.255.0
!
banner motd ^C
SOCIEDAD ELECTRICA DEL SUR OESTE SEAL S.A
UNIDAD DE CONTROL DE OPERACIONES
^C
!
!
!
line con 0
!
line vty 0 4
login
line vty 5 15
login
!
!
!
End
```

### **TIC\_PARQUE INDUSTRIAL**

```
TIC_PARQUEINDUSTRIAL#show run
```

Building configuration...

Current configuration : 2450 bytes

!

version 12.2

no service timestamps log datetime msec

no service timestamps debug datetime msec

no service password-encryption

!

hostname TIC\_PARQUEINDUSTRIAL

!

!

!

!

!

!

!

ip routing

!

!

!

!

!

!



!

!

!

!

!

!

!

!

spanning-tree mode pvst

!

!

!

!

!

!

interface FastEthernet0/1

no switchport

ip address 172.16.1.10 255.255.255.0

duplex auto

speed auto

!

interface FastEthernet0/2

switchport access vlan 25

switchport trunk encapsulation dot1q

```
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/3
switchport access vlan 20
switchport trunk encapsulation dot1q
!
interface FastEthernet0/4
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface FastEthernet0/5
switchport access vlan 20
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/6
switchport access vlan 20
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/7
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
```

```
interface FastEthernet0/8
switchport access vlan 20
!
interface FastEthernet0/9
switchport access vlan 20
!
interface FastEthernet0/10
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/11
!
interface FastEthernet0/12
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/13
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/14
!
interface FastEthernet0/15
!
```

```
interface FastEthernet0/16
!
interface FastEthernet0/17
!
interface FastEthernet0/18
!
interface FastEthernet0/19
!
interface FastEthernet0/20
!
interface FastEthernet0/21
!
interface FastEthernet0/22
!
interface FastEthernet0/23
!
interface FastEthernet0/24
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet0/1
!
interface GigabitEthernet0/2
!
```

```
interface Vlan1
ip address 192.168.15.10 255.255.255.0

shutdown
!

interface Vlan10
mac-address 00d0.bae0.9401
ip address 100.10.20.5 255.255.255.0
!

interface Vlan11
mac-address 00d0.bae0.9402
ip address 192.168.120.5 255.255.255.0
!

interface Vlan12
mac-address 00d0.bae0.9403
ip address 192.168.136.5 255.255.255.0
!

interface Vlan15
mac-address 00d0.bae0.9404
no ip address
!

interface Vlan100
mac-address 00d0.bae0.9405
ip address 192.168.100.10 255.255.255.0
!
```

```
router rip
```

```
!
```

```
ip default-gateway 192.168.15.1
```

```
ip classless
```

```
!
```

```
ip flow-export version 9
```

```
!
```

```
!
```

```
!
```

```
!
```

```
!
```

```
!
```

```
!
```

```
line con 0
```

```
!
```

```
line aux 0
```

```
!
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
!
```

```
!
```

```
!
```

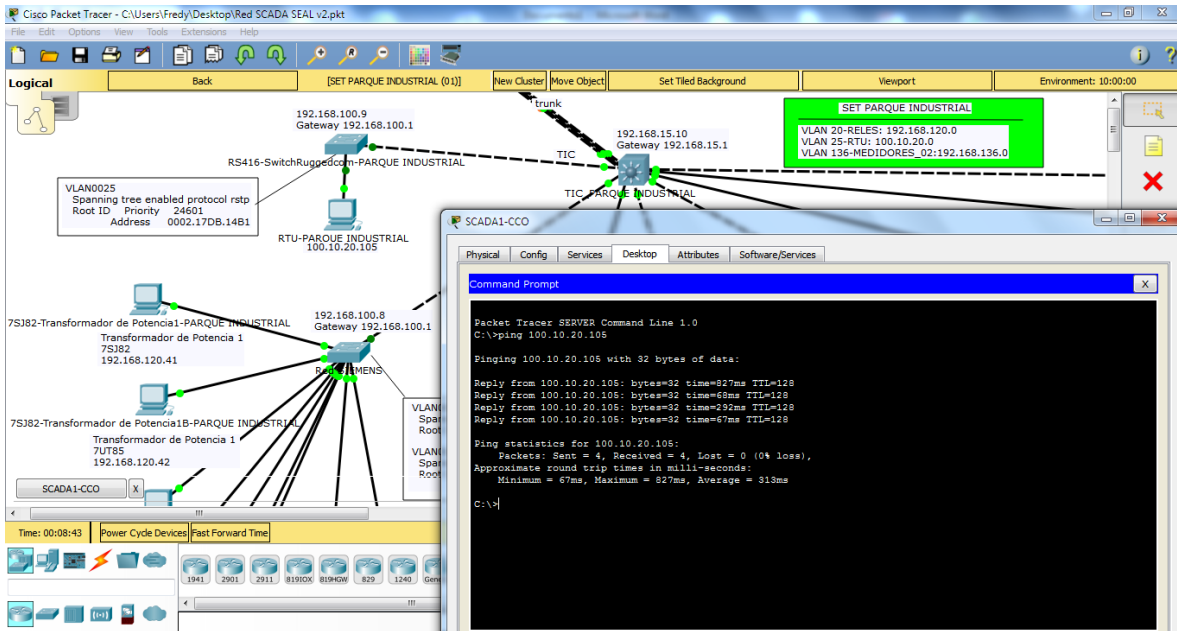
```
End
```



## Impresiones de pantalla de la simulación

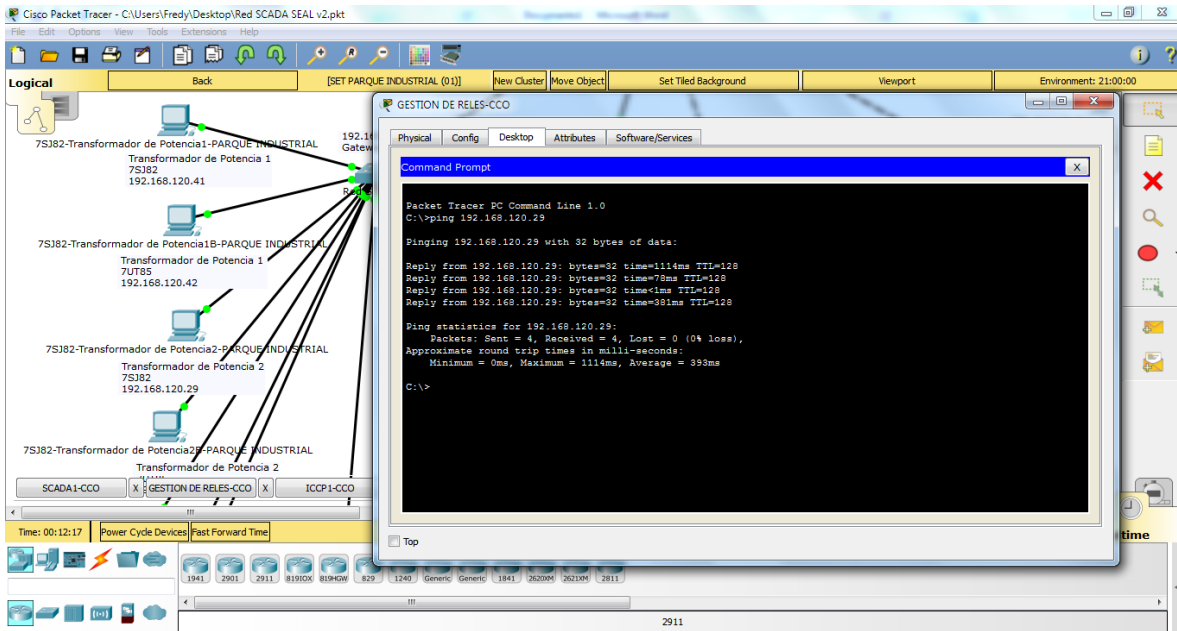
### Simulación

### Gráfico 213. Prueba de comunicación RTU Parque Industrial



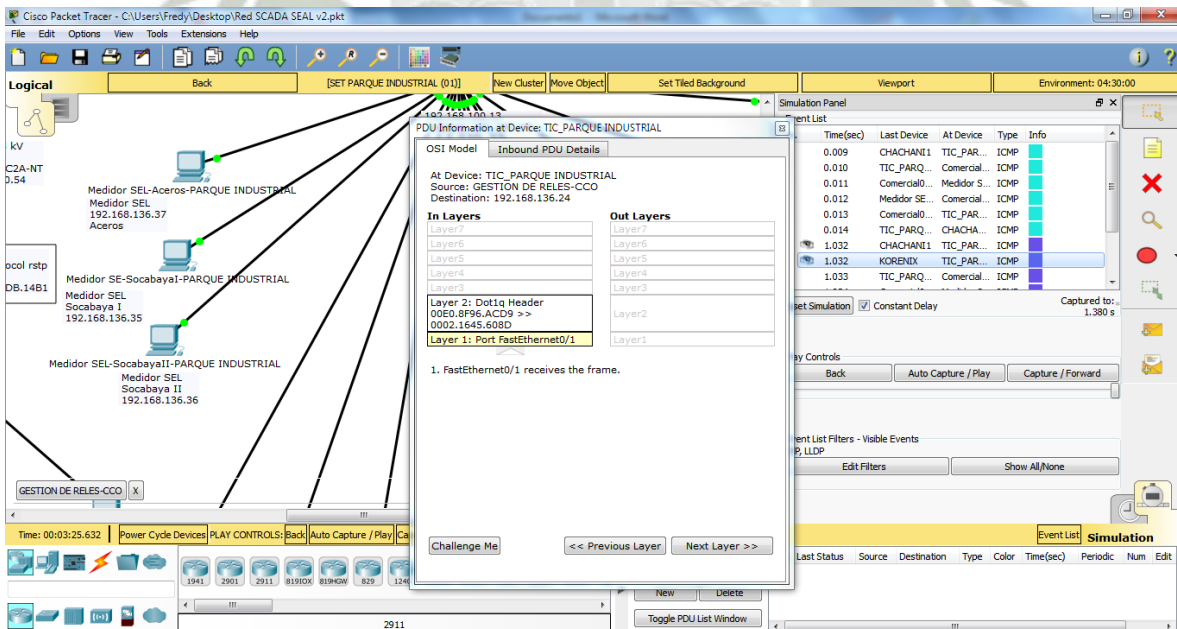
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 214. Prueba de comunicación Relé 7SJ82 Transformador de potencia 1**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 215. Paquete de datos entre KOREXI y TIC Parque Industrial**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 216. Características de los datagramas enviados**

The screenshot shows the Cisco Packet Tracer interface with a network diagram on the left and a PDU Information window open in the center. The network diagram includes a central switch (RS416-SwitchRuggedcom-PARQUE INDUSTRIAL) connected to several power transformers (7S382-Transformador de Potencia1-PARQUE INDUSTRIAL) and a SCADA1-CCO device. The PDU Information window displays the following details:

**PDU Information at Device: CHACHANI1**

OSI Model: Inbound PDU Details | Outbound PDU Details

PDU Formats

Ethernet 802.1q

0	4	7	8	14	19	Bytes
PREAMBLE:		DEST ADDR:		SRC ADDR:		
1010 1010		0090.21BE.B668		00E0.F935.217B		
TPID: 0x8100		TYPE: 0x1		DATA (VARIABLE LENGTH):		0x0

IP

0	4	8	16	19	31	Bits
IHL:		DSCP:		TL:		
0x7		0x0		0x0		
TTL: 128		PRO: 0x1		CHKSUM		
SRC IP: 100.10.20.105		DST IP: 100.10.20.27		OPT: 0x0		0x0
DATA (VARIABLE LENGTH):						

ICMP

0	8	16	31	Bits
TYPE: 0x0		CHECKSUM		
ID: 0x6		SEQ NUMBER: 7		

On the right side of the interface, the Simulation Panel shows an Event List with the following entries:

Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Info
0.005	CHACHANI1	TIC_PAR...	ICMP	
0.006	TIC_PAR...	RS416-S...	ICMP	
0.007	RS416-Swt...	RTU-PAR...	ICMP	
0.008	RTU-PARQ...	RS416-S...	ICMP	
0.009	RS416-Swt...	TIC_PAR...	ICMP	
0.010	TIC_PARQ...	CHACHA...	ICMP	

**Fuente: Elaboración propia**