

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica



EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO MEDIANTE UNA COMPARATIVA ENTRE DOS MODALIDADES DE MONTAJE DE TORRES DE COMUNICACIÓN AUTOSOPORTADAS EN LOS CENTROS MINEROS A NIVEL DEL PERÚ

Tesis presentada por la Bachiller:

Díaz Tejada, Yossara Dayana

Para optar el Título Profesional
de **Ingeniero Mecánico**

Asesor:

**Ing. Cáceres Nuñez, Augusto
Emilio Carlos**

Arequipa – Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 22 de Abril del 2022

Dictamen: 003915-C-EPIMMEM-2022

Visto el borrador del expediente 003915, presentado por:

2013201362 - DIAZ TEJADA YOSSARA DAYANA

Titulado:

**EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO MEDIANTE UNA COMPARATIVA ENTRE DOS
MODALIDADES DE MONTAJE DE TORRES DE COMUNICACIÓN AUTOSOPORTADAS EN LOS
CENTROS MINEROS A NIVEL DEL PERÚ**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1634 - ALCAZAR ROJAS HERMAN ENRIQUE
DICTAMINADOR



1828 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR



1893 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS
DICTAMINADOR





DEDICATORIA

Dedico esta presente tesis a mis padres Rodolfo y Mabel quienes con su esfuerzo y motivación me han permitido cumplir mis metas.

A mi hermano Juan y mi abuelita Juana por estar siempre a mi lado en este largo camino.

A Andrés por su apoyo incondicional que me brinda no solo en el desarrollo de este proyecto sino también en lo personal.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud y sabiduría para culminar con este Proyecto.

Al asesor Ing. Augusto Cáceres por su asesoría y guía para concluir con el desarrollo de esta tesis.

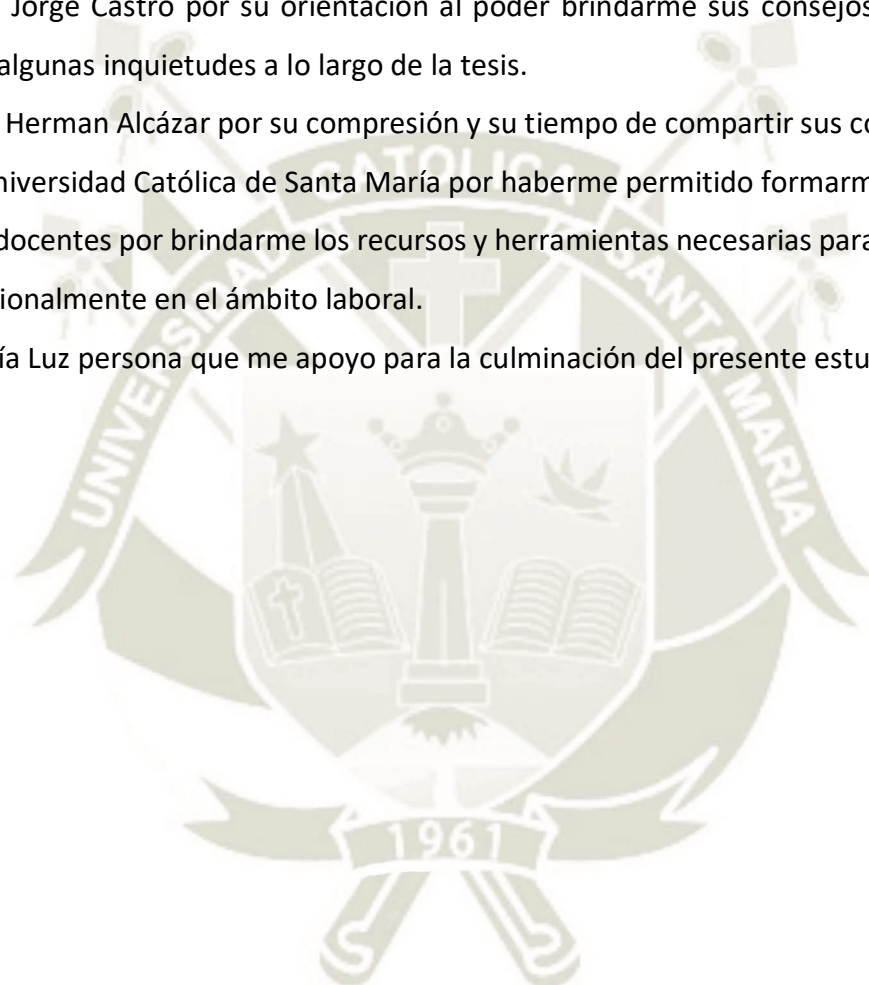
Al Ing. Jorge Castro por su orientación al poder brindarme sus consejos y apreciaciones sobre algunas inquietudes a lo largo de la tesis.

Al Ing. Herman Alcázar por su comprensión y su tiempo de compartir sus conocimientos.

A la Universidad Católica de Santa María por haberme permitido formarme en ella.

A mis docentes por brindarme los recursos y herramientas necesarias para desempeñarme profesionalmente en el ámbito laboral.

A mi Tía Luz persona que me apoyo para la culminación del presente estudio.



RESUMEN

En este proyecto de investigación se realiza una comparativa entre ambas modalidades de montaje, donde se aplica el conocimiento adquirido a lo largo de mi carrera profesional y la experiencia laboral alcanzada, tiene como objetivo principal evaluar el costo y tiempo de montaje considerando las condiciones climáticas de la zona y el área de trabajo para las dos modalidades presentada en el presente estudio, en la primera modalidad se determina utilizar una grúa telescópica de 35 t en cambio en la segunda modalidad se utiliza el winche y la pluma de izaje, en su desarrollo se realiza una evaluación en conjunto con el área seguridad y calidad realizando el procedimiento escrito de trabajo y el plan de seguridad, en el entorno académico se realiza un flujograma de todas las actividades desarrolladas en el montaje, toda esta información se detalla en el presente estudio. Para poder realizar este proyecto se recolecta información, documentos bibliográficos, tablas de datos, manuales y archivos electrónicos también se utiliza diferentes herramientas académicas y tecnológicos como ansys, proyect e Inventor. Al finalizar el estudio se logra determinar un ahorro significativo de 189,392.54 nuevos soles en costos y 7 días en tiempo de montaje correspondiente a la modalidad 2. También es importante destacar que esta tesis servirá en beneficio por su aplicabilidad como ejemplo para futuros proyectos.

Palabras Clave: Montaje de torres de comunicación, pluma de izaje, grúa telescópica, rigging plant .

ABSTRACT

In this research project, a comparison is made between both assembly modalities, where the knowledge acquired throughout my professional career and the work experience achieved is applied, its main objective is to evaluate the cost and assembly time considering the climatic conditions of the area and the work area for the two modalities presented in the present study, in the first modality it is determined to use a 35 t telescopic crane, on the other hand in the second modality the winch and the hoisting boom are used, in its development it performs an evaluation in conjunction with the safety and quality area by carrying out the written work procedure and the safety plan, in the academic environment a flowchart of all the activities carried out in the assembly is made, all this information is detailed in this study . In order to carry out this project, information, bibliographic documents, data tables, manuals and electronic files are collected, different academic and technological tools such as ansys, project and Inventor are also used. At the end of the study, it is possible to determine a significant saving of 189,392.54 nuevos soles in costs and 7 days in assembly time corresponding to mode 2. It is also important to note that this thesis will benefit from its applicability as an example for future projects.

Keywords: Assembly of communication towers, lifting boom, telescopic crane, rigging plant.

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN... ..	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1 MARCO METODOLÓGICO	3
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3 ALCANCES.....	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 SOFTWARE UTILIZADOS	5
1.6 METODOLOGÍA.....	6
Capítulo 2 MARCO TEÓRICO	8
2.1 EQUIPOS DE IZAJE	8
2.1.1 Grúa telescópica	8
2.1.2 Camión Grúa.....	9
2.1.3 Pluma de Izaje	9
2.1.4 Winche de Izaje	11
2.2 EQUIPOS LIVIANOS:	11
2.2.1 Compresora de Aire	11
2.2.2 Grupo Electrónico.....	12
2.2.3 Pistolas de Impacto Neumáticas	13
2.2.4 Pistolas de Impacto Eléctrica	13
2.2.5 Torquímetro	14
2.3 HERRAMIENTAS DE MANIOBRA	15
2.3.1 Tirfor	15
2.3.2 Tecles Manuales de Palanca	15

2.3.3 Poleas	16
2.3.4 Cáncamos	17
2.3.5 Eslingas.....	18
2.3.6 Grilletes	19
2.3.7 Grampas para Cable de Acero.....	20
2.3.8 Cable de Acero	21
Capítulo 3 DATOS GENERALES DEL MONTAJE DE ESTRUCTURAS	22
3.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	22
3.2 DOCUMENTACIÓN REQUERIDA PARA EL INICIO DE OBRA	23
3.2.1 Planos de Montaje Requeridos	23
3.2.2 Procedimientos y Certificados de Calidad Aprobados por la Supervisión	23
3.2.3 Designación del Personal Competente.....	24
3.2.4 Certificados de Operatividad y Calidad de los Equipos y Herramientas	24
3.2.5 Cursos de Life Critical (Vida Crítica)	24
3.2.6 JSA (Análisis de Seguridad en el Trabajo)	25
3.2.7 Plan de Rescate en Altura	25
3.2.8 Memoria de Cálculo de Cáncamos	25
3.3 CALIDAD	26
3.3.1 Lista de Comprobación de Inspección del Acero Estructural	26
3.3.2 Registro Topográfico.....	26
3.3.3 Registro de Torsión y Verticalidad.....	27
3.3.4 Registro de Torque de Pernos Estructurales	27
3.3.5 Registro de Verticalidad de Estructuras	27
3.4 PLAN DE RESCATE	27
3.4.1 Actividades Previas en el Rescate de Altura	27
3.4.2 Descripción del Sistema de Rescate	28
3.4.3 Secuencia del Sistema de Rescate.....	29
3.4.4 Especificaciones Técnicas del Kit de Rescate	30
3.4.5 Efectos de una Caída en Altura	30
3.5 JSA.....	30
3.5.1 Matriz de Evaluación de Riesgos	30
3.6 PLAN DE SEGURIDAD	31
3.6.1 Registro de Documentación en Campo	33
3.6.2 Equipo de Protección Personal Básico	33
3.6.3 Equipo de Protección Personal contra Caídas:	34
3.7 PLAN AMBIENTAL:	34
3.8 PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.....	35

3.8.1 Elaboración y Planificación del Plan de Montaje	35
3.8.2 Habilitación y Equipamiento Temporales.....	35
3.8.2.1 Estación de Emergencia.....	36
3.8.2.2 Estación Temporal de Residuos Sólidos	36
3.8.2.3 Almacén de Productos Químicos	37
3.8.2.4 Trazo y Replanteo Topográfico:	38
3.8.3 Transporte y Recepción de Estructuras en la Zona de Montaje	38
3.8.4 Selección de Piezas de Montaje en Campo	40
3.8.5 Instalación de Placas Base	40
3.8.6 Pre-ensamble en Piso de Estructuras	42
3.8.7 Montaje de Estructuras de los Paneles Solares y Torre de Comunicación ...	42
3.8.8 Torqueo de Pernos:	44
3.8.9 Touch Up.....	45
Capítulo 4 ANÁLISIS Y COMPARATIVA DE LA MANIOBRA PARA OPTIMIZAR TIEMPOS DE MONTAJE	48
4.1 RATIOS POR CADA ACTIVIDAD	48
4.2 CONTROL DE PROGRESO.....	49
4.3 INDICADORES	50
4.3.1 Indicador de Rendimiento	50
4.3.2 Indicador de Producción diario	50
4.4 INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA MODALIDAD 1 GRÚA TELESCÓPICA.....	50
4.4.1 Secuencia de Montaje	50
4.4.2 Análisis del Plan de Izaje Modalidad 1 Grúa Telescópica:	51
4.4.2.1 Selección de Eslingas:	51
4.4.2.2 Selección de Grilletes	53
4.4.2.3 Porcentaje de Capacidad de la Grúa Telescópica	53
4.5 INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA MODALIDAD 2 PLUMA Y WINCHE DE IZAJE	57
4.5.1 Secuencia de Montaje	57
4.5.2 Instalación de la Pluma de Izaje	60
4.5.3 Desmontaje de la Pluma de Izaje	64
4.5.4 Análisis del Plan de Izaje Modalidad 2 Pluma y Winche de Izaje:.....	64
4.5.4.1 Selección de Eslingas:	64
4.5.4.2 Selección de Cable en Izaje de Montaje	65
4.5.4.3 Selección de Grilletes	66
4.5.4.4 Selección de Poleas de Maniobra	67
4.5.4.5 Selección de Cable en Vientos o Retenida de la Pluma de Izaje.....	67

4.5.4.6 Porcentaje de Capacidad de la Pluma de Izaje	68
4.5.4.7 Selección de Tirfor	70
4.5.4.8 Selección de Estrobos	70
4.5.4.9 Cáncamos	73
4.6 COMPARATIVA DE H-H ENTRE AMBAS MODALIDADES DE MONTAJE	76
4.6.1 Transporte y Recepción de Estructuras en Zona de Montaje.....	76
4.6.2 Descarga y Transporte Manual de Elementos al Punto de Trabajo	76
4.6.3 Habilitación y Equipamiento Temporal	76
4.6.4 Selección de Piezas de Montaje en Campo	77
4.6.5 Pre-ensamble en Piso de Estructuras	77
4.6.6 Instalación de la Placa Base	78
4.6.7 Montaje de Torre de Comunicación.....	78
4.6.8 Montaje de la Estructura de los Paneles Solares	78
4.6.9 Verticalización de Torre de Comunicación:	79
4.6.10 Torque de Pernos	79
4.6.11 Realizar los Registros de Calidad y Liberación	80
4.6.12 Touch Up	80
4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	81
4.7.1 Cronograma de actividades de Modalidad 1: Grúa Telescópica.....	82
4.7.2 Cronograma de Actividades Modalidad 2: Pluma y Winche de Izaje.....	83
4.8 HISTORIAL METEOROLÓGICO.....	84
4.9 ANÁLISIS SOBRE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOS RENDIMIENTOS DE LOS EQUIPOS	85
4.9.1 Generalidades	85
4.9.2 Plataformado y Talud	85
4.9.3 Control de Calidad durante la Excavación:	85
4.9.4 Compactación y Rellenos	86
4.10 EQUIPO A UTILIZAR EN LA PLATAFORMA TEMPORAL.....	86
4.10.1 Excavadora Hidráulica 320D2.....	86
4.10.2 Bulldozer D6R2 Modelo 6S	90
4.10.3 Compactador de Suelo Vibratorio CS44	92

Capítulo 5 EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN COSTOS GENERADOS EN EL MONTAJE

5.1 COSTOS PRINCIPALES RELACIONADOS EN EL MONTAJE DE TORRES	97
5.1.1 Costo de Mano de Obra	97
5.1.2 Costo de Herramienta.....	98
5.1.3 Costo de Equipos de Protección Personal	99

5.1.4 Costo en el Área de Seguridad	100
5.1.5 Costo de Equipos Menores	101
5.1.6 Costo de Alquiler Equipos Mayores	101
5.1.7 Costo de Combustible.....	102
5.1.8 Costo de Consumibles	102
5.2 COSTOS DE EXCAVACIÓN Y PLATAFORMADO.....	103
5.2.1 Costo de Mano de Obra	103
5.2.2 Costo de Alquiler de Maquinaria.....	104
5.2.3 Costo de Combustible.....	105
5.3 RESUMEN Y COMPARATIVA DE LAS DOS MODALIDADES DE MONTAJE	105
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	110
REFERENCIA.....	111
Anexo A. Designación del personal competente	115
Anexo B. Protocolo lista de comprobación e inspección del Acero Estructural.....	118
Anexo C. Protocolo de registro topográfico	118
Anexo D. Protocolo de torsión y verticalización	119
Anexo E. Iperc continuo	120
Anexo F. Permiso de riesgo eléctrico.....	121
Anexo G. Análisis de trabajo seguro.....	122
Anexo H. Inspección de herramientas y equipos.....	123
Anexo I. Permiso de trabajo en altura.....	124
Anexo J. Formato de inspección de arnés de seguridad	125
Anexo K. Registro de inspección de accesorios de izaje	125
Anexo L. Inspección de escaleras	126
Anexo M. Inspección de andamios.....	126
Anexo N. Inspección del generador eléctrico	127
Anexo O. Inspección de compresores.....	128
Anexo P. Checklist de grúas.....	129
Anexo Q. Cotización de equipos.....	130
Anexo R. Cotización de excavadora y martillo hidráulico.....	131
Anexo S. Cotización del rodillo compactador	132
Anexo T. Tabla de Capacidad de Grúa Terex 35-1	133
Anexo U. Catálogo de Capacidad de Grilletes Crosby.....	133
Anexo V. Ficha Técnica de Kit de Pintura Jet para el Touch Up	134
Anexo W. Procedimiento Escrito de Trabajo	137

Anexo X. Plan de Seguridad.....	145
---------------------------------	-----



ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1.1 Flujograma de todas las actividades realizadas en el montaje	7
Figura 2.1 Grúa telescópica 35 toneladas.....	9
Figura 2.2 Camión grúa	9
Figura 2.3 Base Tierra	10
Figura 2.4 Cabezal rotatorio con pasaje cable	10
Figura 2.5 Diferentes posiciones de acuerdo al ángulo de trabajo.....	10
Figura 2.6 Catálogo de winche modelo PWCD5T- motor diésel	11
Figura 2.7 Compresor de aire	12
Figura 2.8 Grupo electrógeno	12
Figura 2.9 Pistola de impacto neumática.....	13
Figura 2.10 <i>Pistola de impacto eléctrica-Makita</i>	14
Figura 2.11 Catálogo torquímetro manual	14
Figura 2.12 <i>Tirfor</i>	15
Figura 2.13 Tecle ratchet de cadena	16
Figura 2.14 <i>Poleas para cable de acero TKX</i>	17
Figura 2.15 Cáncamo	17
Figura 2.16 <i>Eslingas de poliéster</i>	18
Figura 2.17 Capacidad máxima de eslingas	19
Figura 2.18 Grilletes.....	19
Figura 2.19 Reglas de seguridad.....	20
Figura 2.20 Modo de instalación de las grampas y el guardacabo	20
Figura 2.21 Cable de Acero	21
Figura 3.1 Kit de rescate.....	28
Figura 3.2 Matriz de evaluación de riesgos	31
Figura 3.3 Análisis de seguridad en el trabajo	31
Figura 3.4 Señalizaciones de seguridad	32
Figura 3.5 Project de las actividades del proyecto.....	35
Figura 3.6 Elementos de la estación de emergencia	36
Figura 3.7 Estación de residuos sólidos	37

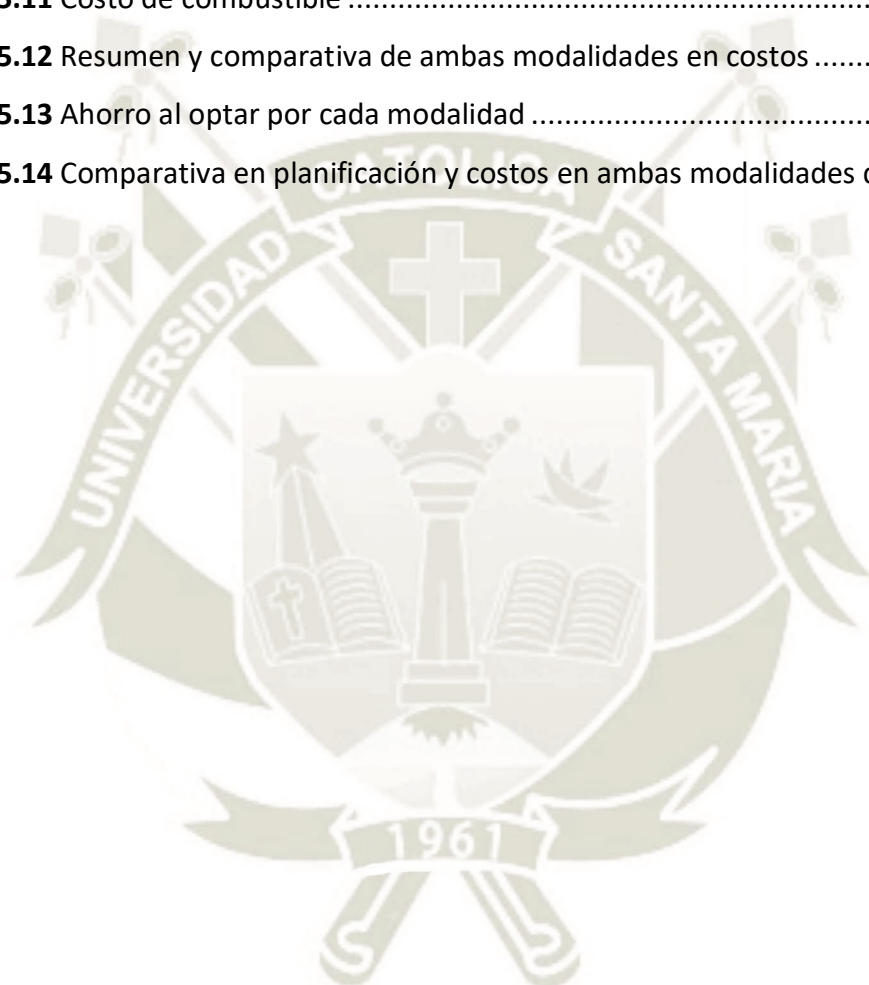
Figura 3.8 Almacén de productos químicos.....	37
Figura 3.9 Formas de descarga de las estructuras	39
Figura 3.10 Apoyos en piso de las estructuras.....	39
Figura 3.11 Selección de estructuras en piso.....	40
Figura 3.12 Planos de cotas de elevación de la placa base.	41
Figura 3.13 Instalación de la placa base	41
Figura 3.14 Pre-ensamble en piso de las estructuras metálicas	42
Figura 3.15 Anemómetro digital	43
Figura 3.16 Señales de Izaje del Rigger.....	43
Figura 3.17 Montaje de Estructuras	44
Figura 4.1 Diagrama de cuerpo libre de eslingas de izaje	52
Figura 4.2 Primera sección	58
Figura 4.3 Segunda sección	58
Figura 4.4 Tercera sección	59
Figura 4.5 Armado de pluma de izaje en piso	60
Figura 4.6 Fijación de cáncamos a terreno	60
Figura 4.7 <i>Colocación de los listones de madera</i>	61
Figura 4.8 <i>Proceso de instalación de pluma de izaje</i>	61
Figura 4.9 Dirección de las fuerzas resultantes a un ángulo de 20°	62
Figura 4.10 Dirección de las fuerzas resultantes a un ángulo de 30°	62
Figura 4.11 Dirección de las fuerzas resultantes a un ángulo de 45°	63
Figura 4.12 Modelo para fijar la base de la pluma de izaje	63
Figura 4.13 Catálogo de winche de izaje	65
Figura 4.14 Configuración de la Carga 910 kg.....	73
Figura 4.15 Mallado hexaédrico	74
Figura 4.16 Deformación máxima equivalente encontrada 0.48mm	75
Figura 4.17 Esfuerzo máximo de Vonn Mises encontrado 236.34 Mpa.....	75
Figura 4.18 Clima de Quellaveco-2021	84

ÍNDICE DE TABLAS

	<u>Pág.</u>
Tabla 3.1 Secuencia del sistema de rescate.....	29
Tabla 3.2. Formatos de seguridad	33
Tabla 3.3. Impacto y mitigación de riesgos ambientales.....	34
Tabla 3.4 Condiciones ambientales de la pintura.....	45
Tabla 3.5 Especificaciones del Jet Primer Epoxi según ficha técnica	46
Tabla 3.6 Especificaciones del Jet 85 MP según ficha técnica	46
Tabla 3.7 Especificaciones de Jethane 650 HS según ficha técnica	46
Tabla 3.8 Método de aplicación de las pinturas Jet	47
Tabla 4.1 Ratios de montaje y pre-ensamble	48
Tabla 4.2 Ratio de torqueo de pernos	49
Tabla 4.3 Distribución de peso ponderado por actividades	49
Tabla 4.4 Catálogo de eslingas de poliéster.....	52
Tabla 4.5 Catálogo de grilletes Crosby.....	53
Tabla 4.6 Tabla de carga de grúa telescópica RT35-1	55
Tabla 4.7 Fuerzas y momentos máximos a un ángulo de 20°	62
Tabla 4.8 Fuerzas y momentos máximos a un ángulo de 30°	63
Tabla 4.9 Fuerzas y momentos máximos a un ángulo de 45°	63
Tabla 4.10 Catálogo de eslingas de poliéster.....	65
Tabla 4.11 Catálogo de cable de acero.....	66
Tabla 4.12 Catálogo de grilletes Crosby.....	66
Tabla 4.13 Catálogo de Poleas de Maniobra	67
Tabla 4.14 Catálogo de cable de acero.....	68
Tabla 4.15 Tabla de carga de pluma de izaje FAL100.....	69
Tabla 4.16 Catálogo de tirfor	70
Tabla 4.17 Catálogo de estrobos	71
Tabla 4.18 Coeficientes calidad malla	73
Tabla 4.19 Coeficiente skewness (0.19).....	74
Tabla 4.20 Coeficiente skewness (0.19).....	74
Tabla 4.21 H-H para la actividad transporte y recepción de estructuras	76

Tabla 4.22 H-H para la actividad descarga y transporte manual de elementos	76
Tabla 4.23 H-H para la actividad habilitación y equipamiento temporal	77
Tabla 4.24 H-H para la actividad selección de piezas de montaje	77
Tabla 4.25 H-H para la actividad pre-ensamble de estructuras.....	77
Tabla 4.26 H-H para la actividad instalación de la placa base	78
Tabla 4.27 H-H para la actividad montaje de torre de comunicación.....	78
Tabla 4.28 H-H para la actividad de montaje de la estructura de los paneles solares	79
Tabla 4.29 H-H para la actividad de verticalización de torre de comunicación.....	79
Tabla 4.30 H-H para la actividad de torque de pernos.....	80
Tabla 4.31 H-H para la actividad registros de calidad	80
Tabla 4.32 H-H para la actividad touch up.....	81
Tabla 4.33 Resumen de actividades	81
Tabla 4.34 Cronograma de actividades de la modalidad 1.....	82
Tabla 4.35 Cronograma de actividades de la modalidad 2.....	83
Tabla 4.36 Tiempo perdido por mes aproximadamente.....	84
Tabla 4.37 Estimación del tiempo del ciclo.....	87
Tabla 4.38 Rango del factor de llenado	87
Tabla 4.39 Consumo de combustible por hora	88
Tabla 4.40 Datos acerca la excavadora hidráulica	89
Tabla 4.41 Estimación de producción por hora de 60 min.....	89
Tabla 4.42 Aproximación de producción según la capacidad del cucharón.....	90
Tabla 4.43 Estimación de producción de m ³ /Hr.....	91
Tabla 4.44 Factores de corrección.....	91
Tabla 4.45 Consumo de combustible por hora	92
Tabla 4.46 Comparación de producción entre las condiciones supuestas y reales.....	92
Tabla 4.47 Estimación de producción de compactador de suelo vibratorio CS44	93
Tabla 4.48 Consumo de combustible por hora	94
Tabla 4.49 Datos acerca del compactador de suelo vibratorio	95
Tabla 5.1 Costo de mano de obra	97
Tabla 5.2 Costos de herramientas	98
Tabla 5.3 Costo de epp	99
Tabla 5.4 Costo en el área de seguridad.....	100

Tabla 5.5 Costos de equipos menores.....	101
Tabla 5.6 Costo de alquiler equipos mayores	102
Tabla 5.7 Costo de combustible	102
Tabla 5.8 Costo de consumibles	103
Tabla 5.9 Costo de mano de obra	104
Tabla 5.10 Costos de alquiler de maquinaria.....	104
Tabla 5.11 Costo de combustible	105
Tabla 5.12 Resumen y comparativa de ambas modalidades en costos	105
Tabla 5.13 Ahorro al optar por cada modalidad	106
Tabla 5.14 Comparativa en planificación y costos en ambas modalidades de montaje...106	



INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú el proceso de montaje de torres de comunicación no es el más óptimo, pero en la construcción en plantas de las mineras se observa grandes adelantos en tecnología de la comunicación, este avance se realiza en base de antenas necesitando una altura apropiada para que la señal tenga mayor alcance, por esta razón la ingeniería opto por diseñar torres adecuadas que sirvan para soportar el peso de las antenas que están localizadas en la parte superior de su propia estructura, el principal problema que se tiene en el montaje es su ubicación geográfica la accesibilidad a estas es restringida porque se encuentran en las zonas más altas.

Con la información adquirida en este caso lo que se pretende es evaluar una alternativa económica minimizando costo y tiempo de montaje que tendría grandes beneficios, razón de ser de la presente tesis.

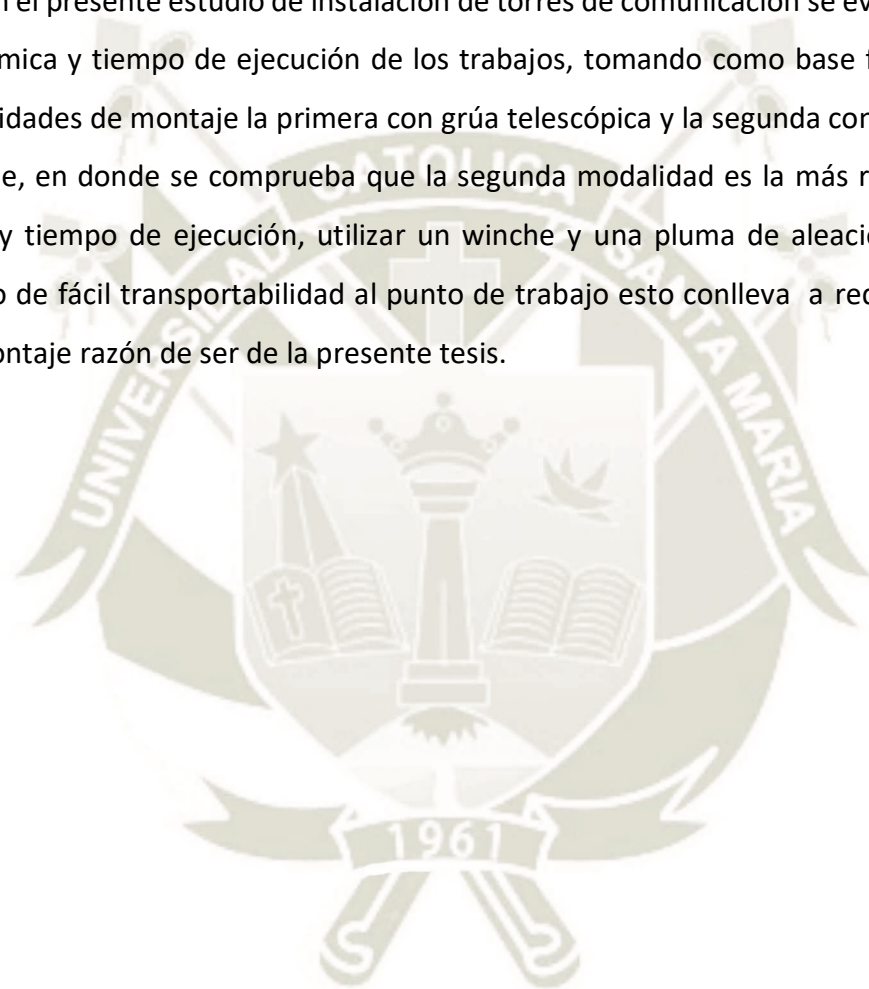
En el capítulo 1 se describe el marco metodológico donde se presenta el planteamiento del problema, los objetivos y la metodología utilizada. Seguidamente en el capítulo 2 se realizó la presentación de los diferentes equipos y herramientas más representativos utilizados en el montaje.

En el capítulo 3 nos hace referencia a la documentación requeridos para el inicio del proyecto, registros y controles de calidad, en el área de seguridad consta de plan de rescate, recomendaciones diarias antes de iniciar las actividades y por último el procedimiento de montaje.

En el capítulo 4 se menciona los ratios de montaje, H-H por cada actividad según ambas modalidades de montaje, el cronograma de actividades en el Project, análisis de los accesorios y aparejos del rigging plant, secuencia del montaje y desmontaje de la pluma de izaje y por último el tiempo y los recursos utilizados en el corte y plataformado temporal.

En el capítulo 5 se detalla los costos operacionales previstos para el montaje, en lo que respecta a los costos del personal directo e indirecto, equipos de protección personal, herramientas, equipos menores, alquiler de equipos mayores, combustible y consumibles con respecto al corte y plataformado en terreno natural tenemos el costo de mano de obra, combustible y alquiler de maquinaria como la excavadora, bulldozer, el compactador de suelo vibratorio, camión cisterna y volquetes.

En el presente estudio de instalación de torres de comunicación se evalúa la viabilidad económica y tiempo de ejecución de los trabajos, tomando como base fundamental dos modalidades de montaje la primera con grúa telescópica y la segunda con winche y pluma de izaje, en donde se comprueba que la segunda modalidad es la más recomendable en costo y tiempo de ejecución, utilizar un winche y una pluma de aleación de aluminio , equipo de fácil transportabilidad al punto de trabajo esto conlleva a reducir los tiempos del montaje razón de ser de la presente tesis.



Capítulo 1

MARCO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el montaje de torres de comunicación tienen una gran demanda por el avance tecnológico en las comunicaciones a nivel mundial, hoy en día en el Perú las empresas toman decisiones muy importantes en la instalación de estos equipos con mucha preocupación e interés, es por esta razón que instalar una torre de comunicación amerita una exhaustiva planificación detallada en las actividades de montaje, como es de conocimiento y en cualquier proyecto industrial de construcción se controla sobre todo el tiempo de montaje que sea el más aceptable, con un despliegue de equipos a utilizar, sea económicamente viable, en el siguiente trabajo de investigación se ha observado que el problema fundamental es que estas torres son instaladas en zonas con difícil accesibilidad por encontrarse en zonas altas de los cerros por ejemplo en centros mineros e industria en general y en consecuencia realizar el montaje de estos equipos con una grúa telescópica de forma convencional amerita que tengamos que realizar trabajos de movimiento de tierras y cortes al terreno natural para poder disponer de plataformas y accesos en donde se pueda estacionar el equipo en mención y se pueda realizar el izaje de las estructuras de la torre, otro de los problemas es el factor climático de lluvias y tormentas que se presentan

en estas zonas y bajan el rendimiento y cumplimiento de fechas de montaje, es importante destacar que las actividades de instalación de las torres son programadas en fechas determinadas según las actividades del proyecto en general, esto conllevaría a proyectar mayores gastos económicos en tiempo y construcción, sin embargo en el presente trabajo de investigación se plantea utilizar equipos y aparejos de izaje de menor capacidad utilizando una pluma de izaje y un winche de levante, por ende el gasto proyectado en la utilización de estos equipos son más económicos y versátiles de transporte.

1.2 JUSTIFICACIÓN

A pesar de estas condiciones de montaje con equipos mayores como es la grúa telescópica con la modalidad convencional ya conocida, en donde es necesario contar con áreas y plataformas debidamente acondicionadas niveladas y compactadas (400 m²) sin embargo en la siguiente investigación se propone una segunda modalidad de montaje de las torres de comunicación, utilizando equipos de menor capacidad como es la pluma de izaje de fabricación con una aleación de aluminio reforzado de 18 metros de altura conformado de 4 secciones estructurales de fácil transporte y ensamble con una capacidad de 3.8 ton, y un winche hidráulico de 5 ton de capacidad de levante, la ventaja de utilizar estos equipos y aparejos menores de montaje, es que solo requiere de áreas mínimas con menores dimensiones en donde se posesionaran los equipos y podrán realizar el izaje de las estructura de la torre

1.3 ALCANCES

El presente proyecto contempla:

- Aplicación práctica en el tiempo y beneficio del montaje de las torres autosoportadas de ambos métodos: pluma de izaje y el montaje con grúa telescópica con capacidad de 35tn.
- Es viable porque considerara las áreas de montaje mínimas para la instalación de las torres de comunicación autosoportadas.
- Es relevante porque optimizara el costo de equipos y herramientas reduciendo los gastos para obtener un mayor beneficio económico.
- Para el desarrollo de las actividades se determinará un plan de instalación

articulado con el departamento de seguridad, resaltando en el procedimiento las actividades de mayor riesgo y formulando las medidas de control, garantizando la seguridad de los trabajadores e instalaciones y equipos que intervienen en el montaje.

- Para las actividades se elaborará un rigging plant de los componentes y aparejos de izaje a utilizar en la maniobra para garantizar un eficiente montaje.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el costo y tiempo mediante una comparativa entre dos modalidades de montaje de torres de comunicación autosoportadas en los centros mineros a nivel del Perú.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la documentación requerida y realizar la comparativa en planificación para optimizar los tiempos de montaje.
- Plasmar en sketches las maniobras de izajes y seleccionar los accesorios adecuados que intervienen en el montaje.
- Identificar y analizar las áreas de trabajo viables y económicas en ambas modalidades de montaje.
- Establecer la comparativa económica de costo y presupuesto del montaje de las torres.

1.5 SOFTWARE UTILIZADOS

Los softwares que utilizamos en el presente trabajo:

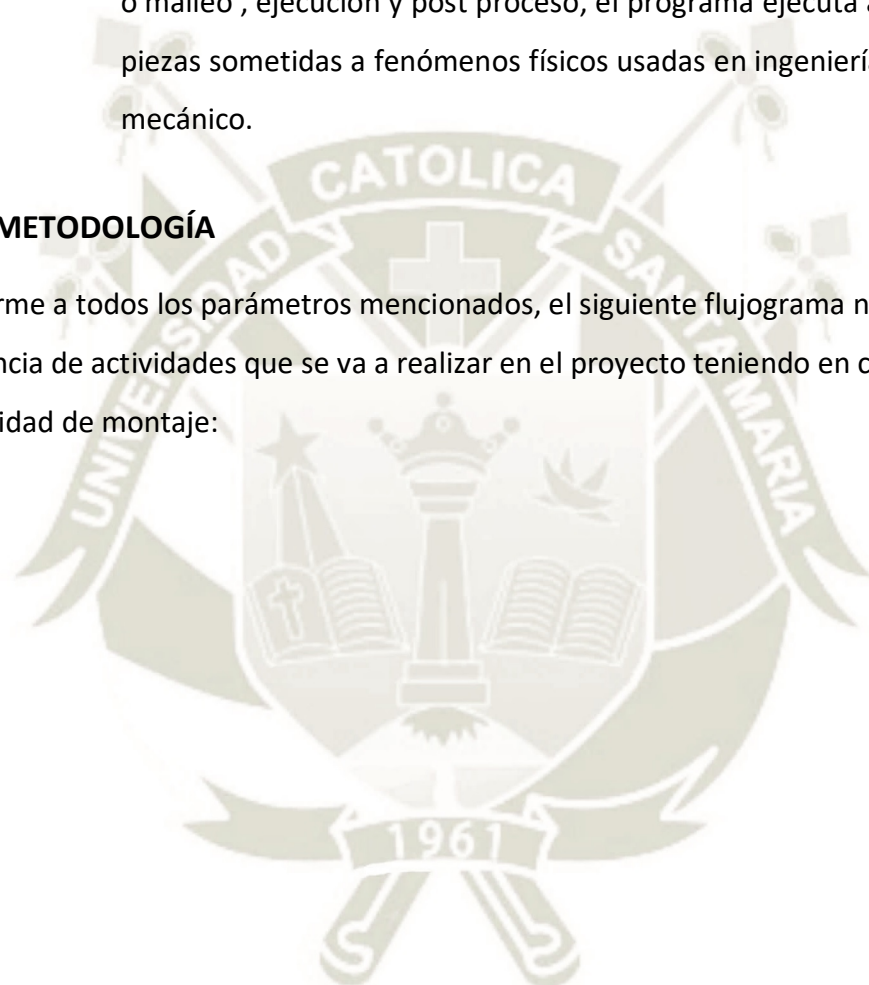
- Autodesk Inventor: Es una herramienta para el diseño 3D, documentación y simulación de productos. Tiene diferentes funciones como diseño paramétrico de piezas y ensamblajes, simulación, visualización.
- Project: Es una herramienta de Software que apoya los procesos de gestión de proyectos de manera colaborativa. Mediante el uso de

esta herramienta podrás generar la secuencia de actividades en un determinado tiempo en base de una serie de recursos: calendario, entregables, horas hombre, costos. También permite darles seguimiento a las actividades desarrolladas a lo largo del proyecto.

- Ansys: Ofrece herramientas de análisis y simulación de partes por elementos finitos FEA, incluye las fases de preparación de malla ó malleo , ejecución y post proceso, el programa ejecuta análisis de piezas sometidas a fenómenos físicos usadas en ingeniería y diseño mecánico.

1.6 METODOLOGÍA

Conforme a todos los parámetros mencionados, el siguiente flujograma nos muestra la secuencia de actividades que se va a realizar en el proyecto teniendo en cuenta cada modalidad de montaje:



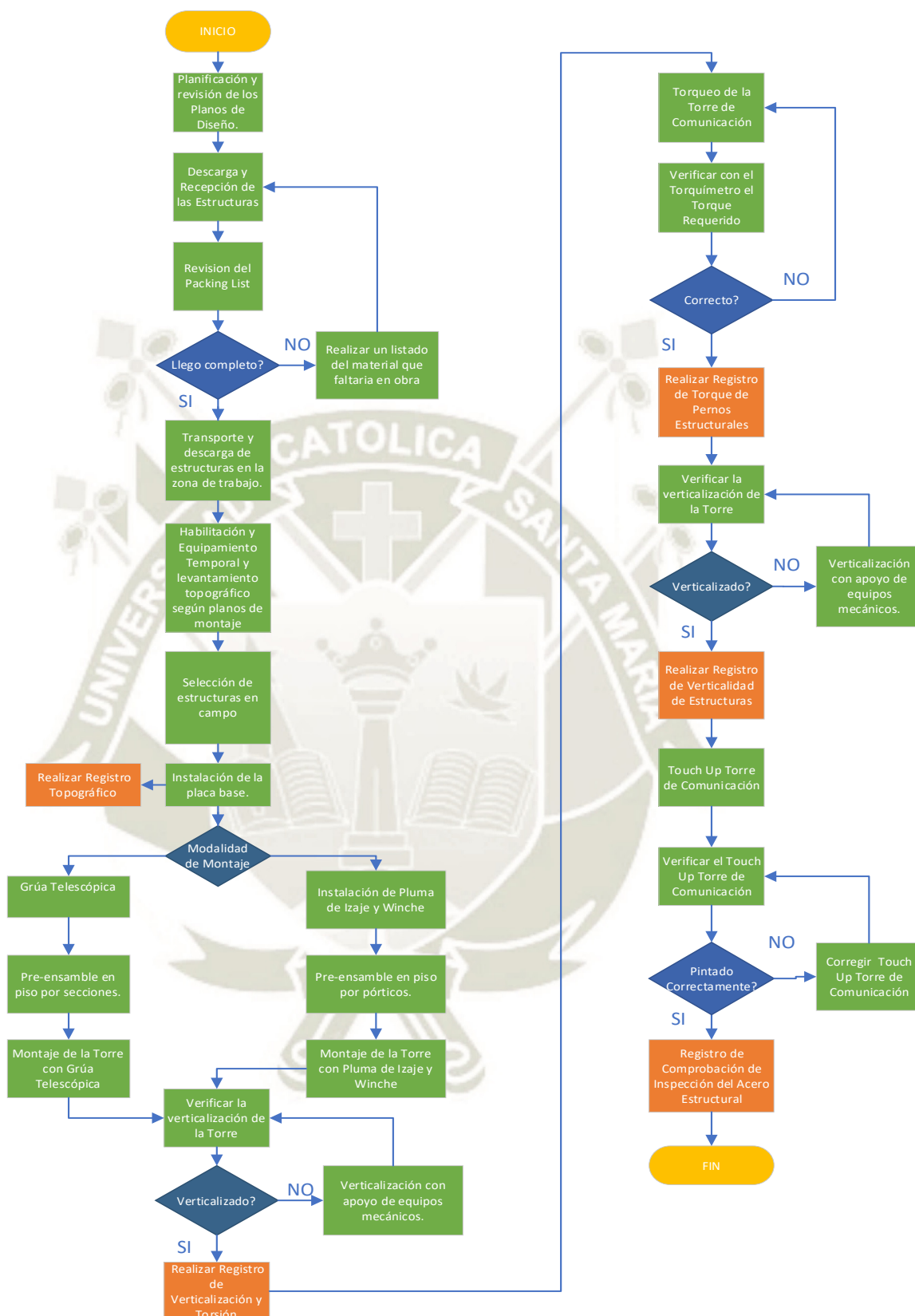


Figura 1.1 Flujograma de todas las actividades realizadas en el montaje

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO

2.1 EQUIPOS DE IZAJE

2.1.1 Grúa telescópica

Es un equipo con un brazo hidráulico conformado por varias secciones y sus características principales es de levantar cargas, objetos y materiales desde el nivel de piso hasta una altura proyectada. Estos equipos cuentan con dos sistemas eléctrico e hidráulico, el equipo se puede transportar al punto de trabajo con sus propios neumáticos con un recorrido de distancias cortos generalmente se desplaza en plataformas, cama baja.

Este equipo se utiliza para el izaje de cargas pesadas de mayor tonelaje de estructuras y equipos en el montaje, gracias a su radio de giro de 360° y altura de la pluma del equipo se logra hacer montajes a alturas considerables.

En las grúas telescópicas con neumáticos a todo terreno poseen 4 estabilizadores con bases de acero accionados una bomba hidráulicos y estos a su vez llevan consigo una válvula de bloqueo, los mismo que sirven para su estabilidad y posicionamiento del equipo en un terreno firme compactado y nivelado. (Cranes and Machinery, 2021b, párr. 9-10)



Figura 2.1 Grúa telescópica 35 toneladas

Fuente: Adaptado de Grúas Telescópica 35 Toneladas Modelo RTC8035 [Imagen], PH CONTRACTOR INC.

2.1.2 Camión Grúa

Es un camión que lleva incorporado un brazo articulado con estabilizadores en los extremos, las funciones que cumple son de cargar, descargar, izaje y transporte, en la actualidad existen diferentes tipos según la potencia, capacidad de carga y las dimensiones. Antes de realizar el izaje tener en cuenta el diagrama y tabla de cargas. (Wikipedia, 2021, párr. 1)



Figura 2.2 Camión grúa

Fuente: Adaptado de Maquinaria para la Construcción Wildcat [Imagen], Wix.

2.1.3 Pluma de Izaje

Es un equipo liviano de izaje durante los montajes de torres, su estructura es tubular tipo celosía fabricado de aleación de aluminio reforzado, su capacidad de trabajo es de 3.8 toneladas según su tabla de cargas en su posición vertical, varía dependiendo la inclinación del equipo como se muestra en la figura 2.5, en la parte inferior cuenta con una placa base como se muestra en la figura 2.3 este se acopla a un cabezal giratorio como se muestra en

la figura 2.4, su longitud varía entre 6 m hasta 24 m dividida en 4 secciones de 6 m cada una, la capacidad máxima de trabajo debe ser calculada teniendo en cuenta la inclinación de la pluma y las condiciones de carga. (T.E.M.A, 2021, p. 1)



Figura 2.3 Base Tierra

Fuente: Adaptado de Equipos de Aleación de Aluminio para la Construcción de Línea de Tensión (p. 1), T.E.M.A.,2021.



Figura 2.4 Cabezal rotatorio con pasaje cable

Fuente: Adaptado de Equipos de Aleación de Aluminio para la Construcción de Línea de Tensión (p. 1), T.E.M.A.,2021.

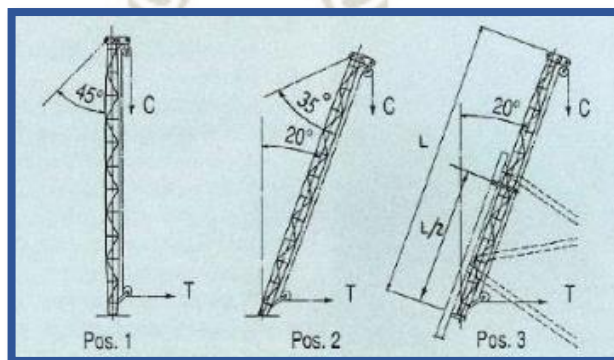


Figura 2.5 Diferentes posiciones de acuerdo al ángulo de trabajo

Fuente: Adaptado de Equipos de Aleación de Aluminio para la Construcción de Línea de Tensión (p. 1), T.E.M.A.,2021.

2.1.4 Winche de Izaje

Este equipo está diseñado para izar y levantar cargas a través de una superficie horizontal, también es utilizado para subir y bajar al personal siempre que se cumpla con los estándares de seguridad. (Compumet, 2021, párr. 4)

Su motor podría ser eléctrico, hidráulico, neumático, diésel y gasolina, están conformadas por un rodillo o tambor giratorio en la cual se enrolla el cable de acero, cuenta en su interior con una serie de engranajes que sirve para regular la velocidad de acuerdo a la carga de levante, sus dimensiones son como se muestra en la figura 2.6, no posee gran volumen por ende posee una fácil transportabilidad. (Acero Arequipa, 2018, párr. 3)



Figura 2.6 Catálogo de winche modelo PWCD5T- motor diésel

Fuente: Adaptado de Manual de Usuario y Advertencias de Seguridad Winches Series PWC (p.58), ProWinch ,2021.

2.2 EQUIPOS LIVIANOS:

2.2.1 Compresora de Aire

Es una máquina que capta aire del medio ambiente a través de un sistema de filtros los cuales se encargan de acumular las partículas de suciedad para maximizar la vida útil del equipo, después de almacenarla y comprimirlo en un tanque, es utilizada para abastecer herramientas neumáticas. (Bricolemar, 2017, párr. 2). Sus partes principales son:

El compresor es el encargado de captar el aire del ambiente y comprimirlo mediante un pistón que funciona con un motor eléctrico o motor gasolinero.

El tanque de almacenamiento se encarga de almacenar el aire comprimido por el pistón.

El presostato se encarga de regular la presión de salida mediante el manómetro, de acuerdo a los usos requeridos tanto domésticos como industriales.

En el proceso de montaje es muy importante porque se necesita abastecer las pistolas neumáticas para el torqueo de pernos. (Bricolemar, 2017, párr. 5-7)



Figura 2.7 Compresor de aire

Fuente: Adaptado de Compresor Máquina [Imagen], Wikipedia, 2012.

2.2.2 Grupo Electrónico

Es un equipo que convierte la capacidad calorífica de los combustibles en energía eléctrica, cuenta con un motor, sistema de arranque, alternador, sistema de refrigeración y otros componentes, para poder realizar su función, es común encontrar estos equipos en los proyectos, zonas aisladas donde la demanda de energía eléctrica es muy alta, porque algunos equipos y herramientas utilizan este tipo de energía, también son utilizados en centros de emergencia como hospitales. (Carod SL, 2018, párr. 1-3)



Figura 2.8 Grupo electrógeno

Fuente: Adaptado de Qué es un Grupo Electrónico [Imagen], Carod, 2018.

2.2.3 Pistolas de Impacto Neumáticas

Su funcionamiento depende de la fuerza del aire comprimido, sirve para apretar y aflojar tuercas con mayor eficacia, utilizan una compresora de aire para poder brindar energía neumática para su funcionamiento ofreciendo un rendimiento alto en cada trabajo realizado, para obtener el torque requerido es necesario regular la presión suministrada en el compresor, las pistolas utilizan dados tubulares considerando el encastre adecuado y la dimensión de la tuerca. (Blog Bipandbig, 2021, párr. 1-2).



Figura 2.9 Pistola de impacto neumática

Fuente: Adaptado de Pistola de Impacto Neumática [Imagen], BT Ingenieros, 2021.

2.2.4 Pistolas de Impacto Eléctrica

Cumple con el mismo funcionamiento a las pistolas de impacto neumáticas, la diferencia es que utilizan energía eléctrica para su funcionamiento, en un proyecto es viable utilizar un grupo electrógeno para su uso. Su ventaja es que son muy versátiles y son económicas, a diferencia de las pistolas de impacto neumáticas son más pesadas. (De Máquinas y Herramientas, 2014b, párr. 8).



Figura 2.10 Pistola de impacto eléctrica-Makita

Fuente: Adaptado de Llave de Impacto de ½" con Yunque de Pasador de Retención [Imagen], Makita, 2021.

2.2.5 Torquímetro

Es una herramienta de exactitud también conocida como llaves de torsión o llave de fuerza, se usa para ajustar tuercas, pernos y tornillos, proporcionando una tensión sin causar fatiga y rotura de la pieza metálica, se aplica el torque requerido según la ficha de descripción de la pieza a trabajar.

Se utiliza en trabajos donde se necesiten mayor precisión como en motores, estructuras, tuberías de alta presión, etc. Existen diferentes tipos como el torquímetro de trueno, torquímetro digital, torquímetro de carátula, torquímetro de control.

Se emplea de manera fácil y sencilla, con el tambor móvil se gradúa la escala y el torque necesario, luego se procede a presionar el seguro que se encuentra en la parte inferior, situar un dado tubular en la zona del trinquete según el encastre y la dimensión de la pieza metálica. (De Máquinas y Herramientas, 2014a, párr. 1)



Figura 2.11 Catálogo torquímetro manual

Fuente: Adaptado de Torquímetro Manual Marca Uyustools (Taiwán) Cuadrante ½" [Imagen], Mercado Libre, 2021.

2.3 HERRAMIENTAS DE MANIOBRA

2.3.1 Tirfor

Es una máquina mecánica portátil de arrastre, elevación de cargas, trabaja en cualquier posición de forma horizontal hasta vertical, su funcionamiento consiste en accionar una palanca manual, el cual realiza el movimiento de avance y retroceso del cable de acero por ende solo es necesario un operario para su manipulación, cuenta con mordazas de sujeción que permite el desgaste mínimo del cable y así aumentar su vida útil. El cable de acero consta de un gancho en unos de sus extremos para fijar la carga a movilizar. (Insumos y Máquinas, 2010, párr. 2-3)

- Palanca de avance y retroceso.
- Palanca de desenganche de las mordazas o sistema neutro.
- Carcaza de aluminio.
- Bulón de anclaje.
- Palanca manual.
- Cable de acero con gancho.



Figura 2.12 Tirfor

Fuente: Adaptado de *Cabestrante Manual de Cuerda de Alambre, Elevador, Tirfor [Imagen], Ali Baba, 2021.*

2.3.2 Tecles Manuales de Palanca

Es una herramienta portátil de uso manual, compacto y liviano también conocido como trico o señorita, se utiliza para izaje, tensar y asegurar cargas o equipos y agilizan en gran medida las labores de montaje industrial, operado solo por una persona.

Tiene un sistema de freno de discos con doble trinquete para el ascenso y descenso de la carga y su dispositivo neutro excelente para asegurar el movimiento de la cadena en ambas direcciones.

La cadena, el gancho son de acero endurecido y galvanizado de alta resistencia para preservar su tiempo de vida y evitar alguna corrosión. Esta herramienta es versátil y puede trabajar en todos los ángulos y posiciones según lo requiera el trabajo gracias al recorrido del mango con un giro de 360°.

Se debe conocer la capacidad máxima de carga permitida según su especificación técnica de la herramienta. (Ninanya SAC, 2021, párr. 1-2)



Figura 2.13 Tecler ratchet de cadena

Fuente: Adaptado de Tecler Ratchet de $\frac{1}{4}$ Ton. X 1.5 Mts. [Imagen], Grupo Bremek, 2018.

2.3.3 Poleas

Conocido también como pastecas o roldanas, son dispositivos que sirven para cambiar la dirección de la carga y reducir la magnitud de la fuerza de tensión dependiendo de la configuración del cable de acero, sogá o nylon a utilizar.

Según sus tipos de poleas existen, simples (1 vía) y poleas dobles (2 vías), lleva en su configuración bocinas de bronce para un ágil mantenimiento y reparación, posee un gancho giratorio y una apertura lateral para un rápido posicionamiento del cable de acero o sogá, tiene una alta resistencia de impacto y su fabricación en acero estampado lo hace más ligero.

Están diseñadas para soportar grandes cargas de trabajo por ende se realizan pruebas al 150% de su capacidad nominal todo esto corroborado en su certificado de calidad, se utilizan en todo tipo de maniobras en las industrias y minas, las poleas con el diámetro del carril más ancho se recomienda por el desgaste mínimo del cable de acero y la soga, las marcas más recomendadas son Able, TKX y Yale (Escaleras y Maniobras.com, 2017, párr. 1-5)



Figura 2.14 Poleas para cable de acero TKX

Fuente: Adaptado de Polea para Cable de Acero y/o Soga hasta 6.4 t. TKX [Imagen], Grupo Bremek, 2018.

2.3.4 Cáncamos

Es un elemento de fijación y parte muy importante de la maniobra de izaje, sirve para anclar y asegurar equipos de montaje para evitar su desplazamiento horizontal y angular, sus dimensiones y el tipo de material determinan la máxima fuerza que se le puede aplicar sin sobrepasar el esfuerzo y deformación máximas permisibles, por lo general está fabricado de acero dulce, antes de instalar los cáncamos se deberá verificar el tipo de terreno y la ubicación geográfica para definir la cantidad de cáncamos a utilizar.

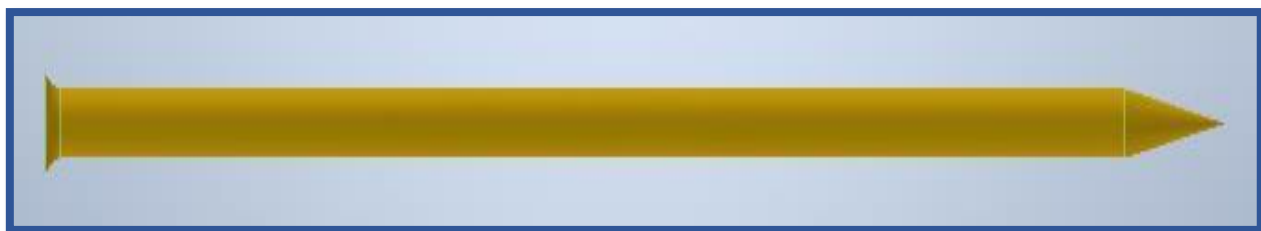


Figura 2.15 Cáncamo

Fuente: Elaboración Propia.

Cuando se fije al terreno asegurarse que la cantidad mínima a ser enterrada es más de la mitad de su longitud e inclinado a 120° , estas sugerencias son para evitar el desplazamiento de los cáncamos fuera del terreno en el momento de la maniobra.

2.3.5 Eslingas

Son flexibles y muy resistentes, está diseñada para levantar o mover cargas muy pesadas de una ubicación a otra, su fabricación es de material sintético (poliéster) y acero, según la norma NTP 842 “Eslingas Textiles” su capacidad depende del color y el número de capas que posee, en la norma ANSI B30.9-2018 sección 9.2.4 el factor de diseño para las eslingas de acero es de 5 y en la sección de 9.4.4 el factor de diseño para eslingas sintéticas es de 5.



Figura 2.16 Eslingas de poliéster

Fuente: Adaptado de *Eslingas de Poliéster Marca Titán [Imagen]*, Divicom, 2020.

La eslinga soporta la fuerza máxima de carga por eso para aumentar el tiempo de vida es recomendable utilizar un protector de eslingas para evitar posibles cortes con las estructuras y antes de cada izaje realizar una inspección previa a la misma. (Cranes and Machinery, 2021a, párr. 12-13)

Cód.	color	Norma CEN	Carga max. de utiliz.kg
	Violeta		1.000
	Verde		2.000
	Amarillo		3.000
	Gris		4.000
	Rojo		5.000
	Marrón		6.000
	Azul		8.000
	Naranja		10.000

Figura 2.17 Capacidad máxima de eslingas

Fuente: Adaptado de Tabla de Capacidades de Eslingas [Imagen], Cranes and Machinery, 2021.

2.3.6 Grilletes

Son una de los elementos más versátiles gracias a la fácil maniobrabilidad, se utilizan en sistema de elevación, unión de dos cables y cadenas para una mayor longitud, su fabricación es de acero de aleación forjado y consiste en una pieza en forma de U, en el grillete está plasmado su capacidad de carga, ángulo de trabajo y diámetro como se muestra en la figura 19, la carga sometida debe estar en la zona circular como se ve en la figura 20 porque la capacidad del grillete disminuiría considerablemente. Se utilizan grilletes rectos para eslingas de un ramal y los grilletes lira para dos ramales. (Láminas y Aceros de Yucatán, 2020, párr. 4)



Figura 2.18 Grilletes

Fuente: Adaptado de Grilletes y sus Partes [Imagen], Subinspector.es, 2021.

Según la norma ASME B30.26-2015 el factor de diseño mínimo es de 5 para cargas menores a 150 toneladas y el factor de diseño para cargas mayores a 150 toneladas es de 4.

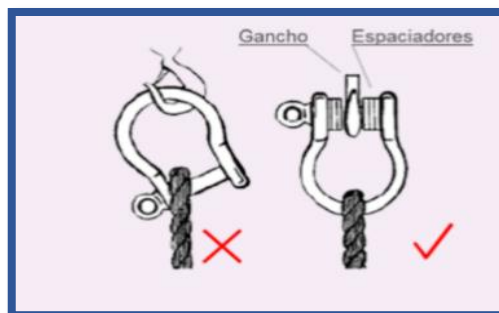


Figura 2.19 Reglas de seguridad

Fuente: Adaptado de *Como Inspeccionar los Grilletes Crosby antes de usarlos [Imagen]*, CS BEAVER, 2021.

2.3.7 Grampas para Cable de Acero

Son de acero forjado, templado y revenido, sirve para la sujeción de cables de acero, la secuencia de instalación de las grampas y el guardacabo es como se muestra en la figura a continuación, su superficie es totalmente galvanizada para resistir la oxidación y la corrosión, según el manual nos recomienda la separación entre grampas debe ser igual al ancho de la base de la grapa y también debe ser igual a longitud que se deja al final de la línea muerta. (Grupo Gorila Peru, 2017, párr. 1)

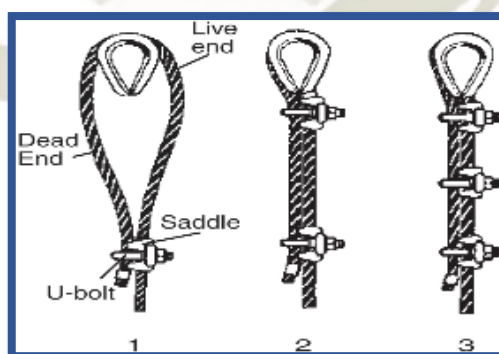


Figura 2.20 Modo de instalación de las grampas y el guardacabo

Fuente: Adaptado de *Grapas para Cable [Imagen]*, Grupo Gorila, 2017.

Según la norma ASME B30.26-2015 no cuenta con un factor de diseño porque su resistencia depende de la carga o fuerza de ruptura del cable de acero.

2.3.8 Cable de Acero

Un cable de acero consta de partes fundamentales que es el alma de acero, se encuentra en el núcleo del cable propiamente dicho ayuda a mantener la circunferencia y es la base donde se soporta los torones.

Los torones estos están formados por múltiples hebras de acero y estos forman un cuerpo único que es el cable de acero, la cantidad de torones dependerá del trabajo y uso que voy a efectuar. (Wikipedia, 2020, párr. 1)

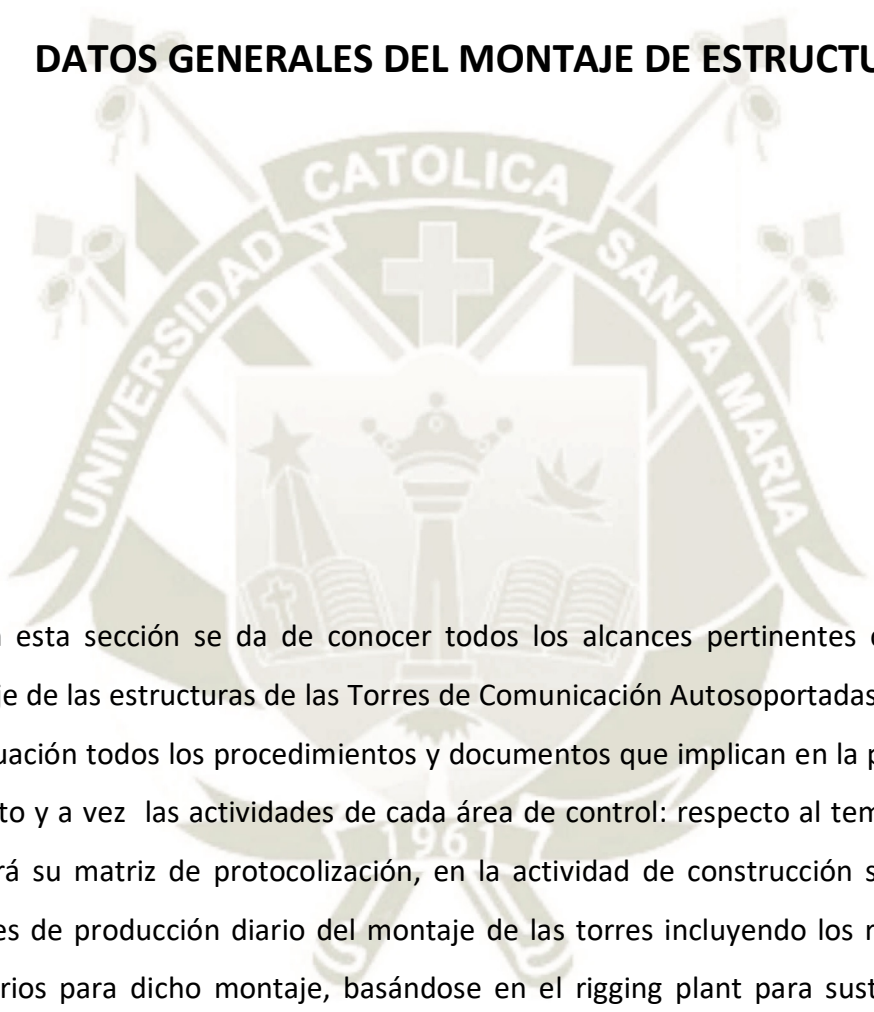


Figura 2.21 Cable de Acero

Fuente: Adaptado de Cable de Acero para Portón Levadizo [Imagen], Herrajes Roma, 2019.

Capítulo 3

DATOS GENERALES DEL MONTAJE DE ESTRUCTURAS



En esta sección se da de conocer todos los alcances pertinentes con respecto al montaje de las estructuras de las Torres de Comunicación Autosoportadas. Se planteará a continuación todos los procedimientos y documentos que implican en la planificación del proyecto y a vez las actividades de cada área de control: respecto al tema de calidad se realizará su matriz de protocolización, en la actividad de construcción se elaborará los reportes de producción diario del montaje de las torres incluyendo los ratios y tiempos necesarios para dicho montaje, basándose en el rigging plant para sustentar todas las maniobras de izaje ejecutadas, y en el área de seguridad se realizará el procedimiento de rescate en altura, JSA (PETS) y política de medio ambiente.

3.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

RIGGING PLANT: Es un documento donde se hace referencia a todos los datos de una maniobra de izaje de alto riesgo, y da información de lo siguiente: radio de operación de los equipos, capacidad de carga de los equipos basados en la tabla de carga del fabricante, altura de pluma de las grúas, capacidad de elementos y aparejos de la maniobra, análisis y

cálculo del peso de la carga a izar, todas estas informaciones están basadas en las normas y estándares de construcción.

TOUCH UP: Es el procedimiento de resane de pintura que se realiza a las superficies metálicas de acero al carbono y galvanizadas, que han sufrido daño de algún tipo como: ralladuras, raspones en el montaje y transporte, teniendo una preparación previa de la superficie a corregir siguiendo un procedimiento del resane de la estructura a corregir.

PLANOS DE MONTAJE: Es la información técnica de la ingeniería a detalle, en donde se encuentra toda la información de las coordenadas, cotas, vistas, detalles, niveles, y ubicación de las estructuras a ser instaladas, y se clasifican en planos de planta, planos isométricos y planos de elevación de los distintos niveles de las estructuras.

PLACA BASE: Es un elemento de acero que sirve para interconexionar la columna con respecto a la cimentación de concreto. Su función principal es distribuir las cargas de la estructura que soporta y su vez evita que el concreto sufra fracturas y aplastamiento.

BM O BENCH MARK: Son puntos topográficos establecidos a nivel nacional tomando como referencia el nivel del mar y determinan las coordenadas, ubicación y elevación en donde se instalarán las estructuras, equipos, tuberías.

3.2 DOCUMENTACIÓN REQUERIDA PARA EL INICIO DE OBRA

3.2.1 Planos de Montaje Requeridos

Los planos de montaje dan información técnica de la configuración de las estructuras, para poder encontrar la manera más idónea de realizar la secuencia de montaje. Estos documentos deben estar actualizados y en la última revisión la cual debe estar aprobado por la supervisión del proyecto y dan conformidad para realizar dicho montaje. Cuando se esté ejecutando el proyecto los planos aprobados deben localizarse en campo en el área de montaje, de esta manera la supervisión tendrá la información al alcance para cualquier duda o sugerencia por parte del personal constructor.

3.2.2 Procedimientos y Certificados de Calidad Aprobados por la Supervisión

Estos documentos son de suma importancia antes de comenzar el montaje, porque nos da conocer la secuencia de actividades del control de calidad a tener en cuenta, y de

esta manera garantizar la calidad del montaje. Los siguientes procedimientos y certificados son los requeridos:

- Procedimiento de torqueo de pernos.
- Procedimiento de contrastación de torquímetro.
- Procedimiento de resane de pintura.
- Plan de inspección y ensayos.
- Certificado de calibración del torquímetro.
- Certificado de calibración de la estación total de topografía.

Todos estos documentos deben estar aprobados por la supervisión del proyecto y en última revisión sin observaciones pendientes, se deben encontrar en campo ante cualquier consulta e inspección por parte de la supervisión.

3.2.3 Designación del Personal Competente

Mediante una evaluación y comprobando años de experiencia en este tipo de trabajo, se ha determinado que el personal que interviene en el montaje conoce los sistemas, los equipos, las condiciones y los procedimientos, el uso apropiado de los elementos de maniobra, la inspección, las recomendaciones del fabricante. Por lo tanto, estos trabajadores han sido designados como “Personal competente” y se le ha delegado la responsabilidad de la instalación de las estructuras. (Modelo Anexo A)

3.2.4 Certificados de Operatividad y Calidad de los Equipos y Herramientas

Son documentos que identifica y certifica que el equipo y la herramienta se encuentran operativos y en buen estado, una ficha técnica de información brindado por parte del fabricante, y estos fueron corroborados realizando distintas pruebas de calidad y operatividad dependiendo de la función que va a desempeñar el equipo o herramienta. En este documento nos certifica que el producto cuenta con una garantía de fabricación.

3.2.5 Cursos de Life Critical (Vida Crítica)

Es un programa de capacitación que recibe el personal, para las diferentes actividades que involucran el montaje, y estas están asociadas a brindar información directa de los peligros y riesgos y medidas de control para que el trabajador no sufra ningún tipo de

accidente, también es importante resaltar que en el proceso de montaje la prioridad de todas las actividades es la seguridad de los trabajadores respetando las normativas y estándares según el decreto ley de minería D.S.N 023-2017-EM Los siguientes cursos que detallo a continuación son necesarios para el montaje de las torres:

- Curso de altura (todo el personal)
- Curso de excavaciones (todo el personal)
- Curso de grúas y izajes. (operador y rigger)
- Cursos de manejo defensivo (solo conductores)
- Curso de seguridad eléctrica (todo el personal)

3.2.6 JSA (Análisis de Seguridad en el Trabajo)

Es un procedimiento escrito de trabajo seguro, y para su elaboración es necesario conocer todas las actividades a realizar para poder analizar y evaluar los peligros, riesgos y poder proporcionar una medida de control. Su principal objetivo es brindar la información necesaria para evitar y prevenir los accidentes en el lugar de trabajo, cumpliendo con todos los parámetros de seguridad y estándares y evitar daños a la propiedad privada y medio ambiente.

3.2.7 Plan de Rescate en Altura

Es un procedimiento o estrategia aplicada en campo para el rescate de algún trabajador que haya sufrido una caída de los diferentes niveles de la estructura al momento del montaje, asistido a través de métodos de primeros auxilios, mecánicos y elementos, aparejos y equipos con dispositivos de rescate, de forma segura y en un tiempo corto.

El tiempo límite para rescatar a una persona es de 15 min para evitar que se desarrolle un trauma, sino la sangre de las piernas empezara a acumularse por ende esto ocasionaría que no fluya por los demás órganos importantes como el cerebro del cuerpo humano.

3.2.8 Memoria de Cálculo de Cáncamos

Es la información técnica plasmado en un documento auditable en donde indica los alcances y parámetros del diseño de la fabricación de cáncamos o cualquier otro tipo de herramienta, que conforman parte de la maniobra de izaje de la pluma a instalar, donde se

determina las cargas, esfuerzos y fuerzas resultantes estructurales. El análisis se llevará a cabo en el programa ANSYS.

3.3 CALIDAD

Es el desarrollo en la cual el supervisor se encarga de inspeccionar y verificar que el proyecto se realizó con todas las normativas y estándares de calidad, respetando el plan de inspección y ensayos los procedimientos y la matriz de protocolización aprobada, además es necesario las firmas de aprobación de cada área competente para su aceptación y conformidad. En consecuencia, se detalla los protocolos a seguir para garantizar una óptima instalación de estructuras:

3.3.1 Lista de Comprobación de Inspección del Acero Estructural

Este protocolo se realiza al finalizar las actividades de obras civiles y de montaje, se realiza una inspección de todos los elementos ya instalados con anterioridad, verificando que se cumplieron con los estándares y procedimientos del proyecto. Los elementos a verificar serán los siguientes:

- Cimientos
- Pernos de Anclaje
- Montaje de Estructuras
- Pernos Mecánicos
- Soldadura

(Modelo en el anexo B).

3.3.2 Registro Topográfico

Es un formato en el cual se plasma las variaciones de las coordenadas teóricas y coordenadas reales en función de un BM referencial, se realizan 4 mediciones como mínimo en los extremos de la placa base. Para definir un punto se requiere proyectar dos ejes perpendiculares en un plano a partir de un punto de origen. Es necesario conocer todos los datos del instrumento de medición como equipo, marca, modelo, N° serie, fecha de calibración, fecha de vencimiento y el BM referencial (cotas y coordenadas). (Modelo en el anexo C).

3.3.3 Registro de Torsión y Verticalidad

Este protocolo se realiza antes del Torqueo, según la norma ANSI/TIA-222-G nos hace referencia en el capítulo 6.1 lo siguiente:

- El desplome 0.25% de la altura total de la torre.
- La torsión horizontal entre dos elevaciones no debe exceder 0.5° en 3m.
- La torsión horizontal total de la estructura no debe exceder los 5°.

Si no se cumple con los parámetros estipulados por las normas, se modifica la verticalidad con el apoyo de equipos mecánicos tirfor, tecles, cables de acero que permite el alineamiento total de la estructura instalada, ajustando las desviaciones permisibles según norma de la construcción. (Modelo en el anexo D).

3.3.4 Registro de Torque de Pernos Estructurales

El registro del torque de los pernos está basado en las recomendaciones de la ingeniería de detalle del proyecto sujeto a normativas de construcción, también es muy importante cumplir con la calidad de los materiales comprobado con certificados de calidad y garantía de los fabricantes de los pernos denotando el material, grado y diámetro.

En el registro se da a conocer los datos del torquímetro, equipo marca modelo número se serie y fecha de calibración.

3.3.5 Registro de Verticalidad de Estructuras

El formato de verticalidad se realiza después del torqueo de pernos, en donde se da a conocer la verticalidad final de la estructura instalada, también nos da a conocer registros de la ubicación y coordenadas de los elementos de acero, detallando las elevaciones, cotas y tolerancias admisibles para desarrollar un montaje de calidad.

3.4 PLAN DE RESCATE

3.4.1 Actividades Previas en el Rescate de Altura

- Verificar el equipo para rescate y su sistema de polipastos se encuentre en buenas condiciones.

- Realizar una planeación previa para verificar las contingencias y ejecutar medidas de control.
- Los rescatistas antes de iniciar el ascenso deben contar con sus equipos de protección personal.
- Los rescatistas cuentan con un curso de rescate impartida por el equipo de bomberos. Adicional se realiza un curso.

3.4.2 Descripción del Sistema de Rescate

El sistema de seguridad del Kit de rescate se posiciona de acuerdo a la figura, el mosquetón que se localiza en la parte superior va anclado a una estructura segura para evitar que ceda por el peso del accidentado y el mosquetón inferior se sitúa en la argolla dorsal tipo D del rescatado, la cuerda de fijación con el mosquetón va conectado al arnés del rescatista.

El kit de rescate cuenta con un sistema de poleas 4:1 (poleas de doble carril), su ventaja principal radica en disminuir la fuerza aplicada a la cuarta parte en otras palabras si el rescatado pesa 80 kg, el rescatista solo ejercería una fuerza de 20 kg. El ascendedor para la mano derecha con bloqueador incorporado, es el dispositivo que se encarga de regular la cuerda estática mientras se va bajando al rescatado al suelo.

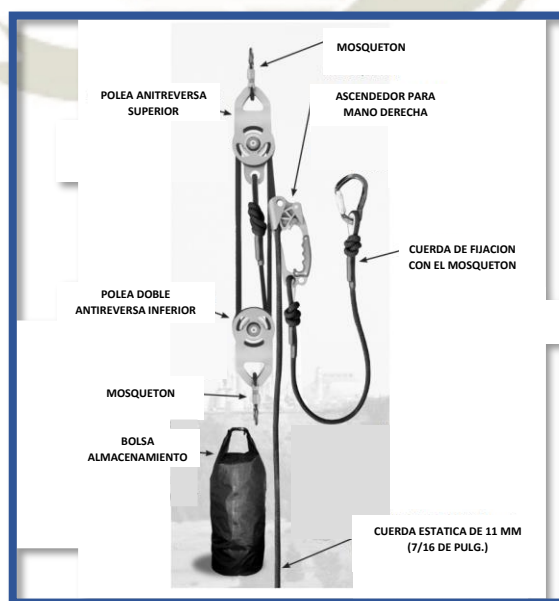


Figura 3.1 Kit de rescate

Fuente: Adaptado de Equipo de Rescate: Kits de Rescate FP, [Imagen], Issuu, 2013.

3.4.3 Secuencia del Sistema de Rescate

A continuación, se detalla la secuencia de un rescate en altura:

Tabla 3.1 *Secuencia del sistema de rescate*

1. Instalación y armado del kit de rescate.	2. Trabajador suspendido, evaluación aseguramiento del área de trabajo.
	
3. Conexión del equipo de rescate al trabajador suspendido.	4. Uso de pértiga de rescate según necesidad y evaluación del área.
	
5. Descenso del trabajador nivel de piso.	6. Atención de primeros auxilios, y espera de la ayuda especializada.
	

Fuente: *Elaboración Propia*

3.4.4 Especificaciones Técnicas del Kit de Rescate

El supervisor de seguridad y el rescatista competente darán la información necesaria para la compra teniendo en consideración lo siguiente:

- Certificación internacional del sistema de rescate el cual debe cumplir con la norma ANSI Z 359.4 y las especificaciones técnicas vigentes para trabajos en altura.
- El equipo debe ser versátil y práctico en la instalación.
- Verificar la ficha técnica del producto para conocer sus alcances.

3.4.5 Efectos de una Caída en Altura

El principal efecto es trauma por suspensión, si acontece una caída desde una altura el trabajador permanece en estado vertical mientras está suspendido en el arnés, la sangre empieza a acumularse en las extremidades inferiores, esto ocasionaría que la sangre deje de fluir al cerebro lo que podría producir un desmayo, sino se practica un rescate adecuado podría ocasionar la muerte o lesiones graves en los órganos internos. El promedio de tiempo de un rescate en altura es máximo 15 min, es importante tener en consideración el tiempo de rescate para determinar si el accidentado vive o tendrá secuelas posteriores.

3.5 JSA

3.5.1 Matriz de Evaluación de Riesgos

Es una herramienta de gestión y evaluación que nos permite identificar la gravedad de una actividad y la probabilidad que esta ocurra, identificando los eventos primordiales donde la salud y seguridad del trabajador esté en riesgo, se propone tomar acciones concretas para disminuir los peligros a los que están expuestos el personal.

Para el llenado correcto de la matriz es necesario realizar una evaluación a detalle de los trabajos a realizar.

El procedimiento FMEA (Análisis de Modos de Fallas y Efectos) para el análisis y evaluación de riesgos según la ISO 9001:2015 se realiza en cuatro pasos:

- Identificación de actividades y riesgos
- Determinar la probabilidad y la severidad de cada riesgo.

- Clasificación según la probabilidad de ocurrencia.
- Desarrollar las medidas de control para mitigar el riesgo.

SEVERIDAD	MATRÍZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS					
Catastrófico	1	1	2	4	7	11
Fatalidad	2	3	5	8	12	16
Permanente	3	6	9	13	17	20
Temporal	4	10	14	18	21	23
Menor	5	15	19	22	24	25
		A	B	C	D	E
		Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
		PROBABILIDAD				

Figura 3.2 Matriz de evaluación de riesgos

Fuente: Adaptado de Identificación de Peligros Evaluación y Control de Riesgos [Imagen], Monografías.

ACTIVIDAD	PELIGRO	MEDIDA DE CONTROL	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	RIESGO
Descarguío de materiales y equipos	Cargas Suspendidas	• El izaje deberá ser categorizado como izaje común. • Operador de camión grúa certificado y calificado para la operación del equipo. • Rigger autorizado, acreditado y calificado. • El camión grúa y los aparejos de izaje deberán contar con las certificaciones respectivas. • Difusión del PETS / JSA y elaboración del IPERC Continuo • Demarcación de áreas de influencia de izaje con conos de seguridad y barras extensibles de color rojo a 1.5 veces la altura de la pluma. • Verificación del área de trabajo a nivel de piso y altura para evitar posibles interferencias en la maniobra de izaje. • Terreno compactado y nivelado, Estabilizadores completamente extendidos. • Coordinación entre rigger y operador de camión grúa. • Inspección de carga, aparejos y elementos de izaje. • Proteger las eslingas de posibles cortes de los materiales • Se deberá considerar el anemómetro para medir la velocidad del viento y cuando se exceda la velocidad predeterminada del viento de 32 KM/H, se paralizará las actividades de izaje. • Elementos de la torres y equipos a descargar con un peso aproximado de 400 kg del elemento más pesado, se deberán asegurar con maniobras de eslingas y grilletes instalados por el rigger. • Uso de vientos para evitar movimientos involuntarios de la carga. • No deberá exponerse a la línea de fuego de la carga suspendida, ni exponerse a puntos de apriete o pellizco de manos y pies. • Liderazgo visible durante las maniobras de alto riesgo durante la actividad.	3	C	13

Figura 3.3 Análisis de seguridad en el trabajo

Fuente: Elaboración Propia

3.6 PLAN DE SEGURIDAD

El objetivo del plan de seguridad es prevenir los riesgos y accidentes durante el proyecto, antes de empezar los trabajos en campo se requiere tener algunas medidas de seguridad:

- Se realizará una previa inspección del área de trabajo.
- Se llevará a cabo una charla de seguridad de 5 a 10 min de acuerdo a las actividades de realizar.
- Al iniciar el trabajo el personal debe llenar correctamente el IPERC CONTINUO, verificando los peligros, riesgos del área de trabajo y realizando la medida de control respectiva.
- Verificar que el personal cuente con su tarjeta de Life Critical vigente de los cursos de alto riesgo.
- El área de trabajo debe encontrarse debidamente señalizado, con los códigos de colores visibles y difundir al personal.
- Realizar el check list de todas las herramientas y equipos a utilizar.

Según la NTP 399010-1-2015 (Norma Técnica Peruana), busca informar sobre las señales de seguridad con el objetivo de prevenir accidentes y poder evacuar la zona ante cualquier emergencia, según su tipo tenemos: las señales obligatorias (color azul), señales de información (color verde), señales de advertencia (color amarillo) y señales de peligro color rojo).



Figura 3.4 Señalizaciones de seguridad

Fuente: Adaptado de Señalizaciones de Seguridad y Corporativas [Imagen], Maprotec, 2016.

- Verificar que el personal se encuentre con su equipo de protección personal básico completo.

- Para realizar trabajos en altura el personal debe contar con su equipo de protección personal contra caídas.
- El orden y limpieza de las áreas es muy importante en la zona de montaje, las herramientas deben encontrarse en sus respectivas cajas, los equipos no deben obstaculizar la salida.
- Los productos químicos deben encontrarse en su lugar seguro con su bandeja anti derrame y en una jaula de productos químicos según estándar.

3.6.1 Registro de Documentación en Campo

La siguiente tabla nos muestra todos los formatos requeridos antes de iniciar las actividades diarias.

Tabla 3.2. *Formatos de seguridad*

FORMATO SE SEGURIDAD
Permiso de trabajo en altura.
Inspección de herramientas y equipos.
Formato de inspección de arnés de seguridad.
IPERC continuo.
Análisis de trabajo seguro.
Check list de grúas.
Registro de inspección de accesorios de izaje.
Inspección de compresoras.
Inspección de escaleras.
Inspección de generador eléctrico.

Fuente: *Elaboración Propia*

3.6.2 Equipo de Protección Personal Básico

Según la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo N°29873 el equipo de protección personal básico es obligatorio el uso en ambientes laborales para proteger la salud física de los trabajadores.

- Casco con barbiquejo.
- Lentes oscuros y claros.
- Camisa y pantalón de trabajo con cintas reflectivas.
- Zapatos de seguridad con punta de acero.
- Protectores o tapones auditivos.
- Guantes de badana y de cuero.

3.6.3 Equipo de Protección Personal contra Caídas:

El equipo de protección personal contra caídas son elementos cruciales cuando se realiza trabajos en alturas.

- Arnés de cuerpo entero tipo H (Liniero) según la norma ANSI Z 359.11 “Requisitos de Seguridad para Arneses de Cuerpo Entero”
- Línea de vida con doble gancho.
- Estrobo de posicionamiento.
- Conector o faja de anclaje.
- Block Retráctil.

3.7 PLAN AMBIENTAL:

En el plan de gestión ambiental se brindarán estrategias y tareas para controlar y mitigar los posibles impactos ambientales según las actividades a realizar, en la presente tabla nos muestra algunos de los factores que podrían alterar las condiciones ambientales:

Tabla 3.3. *Impacto y mitigación de riesgos ambientales*

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
1. Derrame de productos químicos (pintura, gasolina, thinner, petróleo).	1. Se coloca bandejas antiderrames para los productos químicos a utilizar. 2. Se contará con el kit antiderrame.
2. Residuos en la actividad de Touch UP (latas de pintura, brochas, tyvet, guantes de nitrilo, trapo industrial, lija).	3. Colocar tachos para almacenar los residuos sólidos de acuerdo a su composición.
3. Residuos sólidos (cartón, papel, plástico, residuos peligrosos).	4. Dar charlas de seguridad respecto a la segregación de productos sólidos.
4. Animales en la vía.	5. Se paraliza el tránsito vehicular. 6. Comunicar a la supervisión.

Fuente: *Elaboración Propia*

3.8 PROCEDIMIENTO DE MONTAJE

3.8.1 Elaboración y Planificación del Plan de Montaje

En esta etapa del proyecto se procederá a recopilar la información de todos los documentos antes mencionados en el subtítulo 3.2 donde se hace una breve descripción de toda la documentación necesaria para las diferentes actividades del montaje de las torres.

Teniendo la información real de las estructuras en terreno y de acuerdo al packing list (lista de empaque de materiales) se empieza a realizar un cronograma de la secuencia lógica de actividades y los tiempos óptimos de montaje, se analiza la forma más conveniente del pre-ensamble de las estructuras en piso para evitar tiempos improductivos, esta programación se desarrolla en el programa project, herramienta que nos ayuda a planificar proyectos.

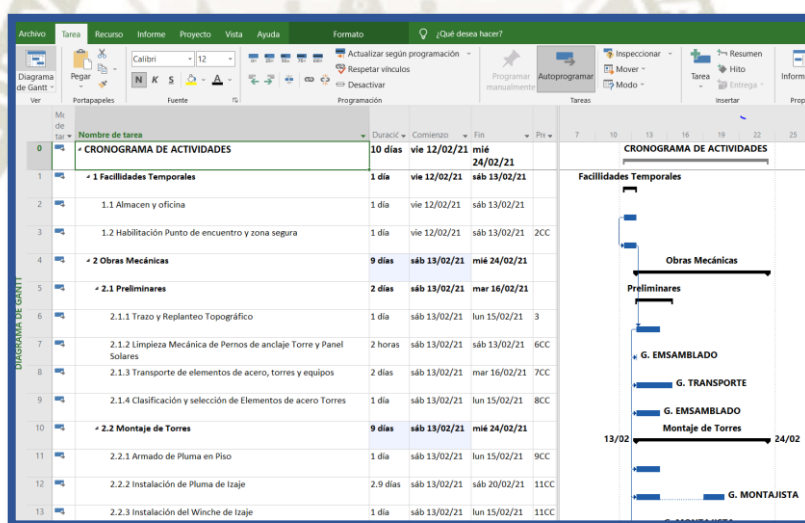


Figura 3.5 *Proyecto de las actividades del proyecto*

Fuente: *Elaboración Propia*

3.8.2 Habitación y Equipamiento Temporales

En esta etapa del proyecto se procede a realizar las facilidades temporales o habitación de área de montaje teniendo en consideración los siguientes recursos y equipamiento de oficinas y seguridad y medio ambiente.

3.8.2.1 Estación de Emergencia

En donde encontramos un kit de primeros auxilios que sirven en casos de accidentes o emergencias que permiten salvar la vida de las personas, su contenido nos permite dar la atención de manera inmediata también es utilizado en casos de desastres naturales por personal capacitado.



Figura 3.6 Elementos de la estación de emergencia

Fuente: Adaptado de Estación de Emergencia -Simap- Ingeniería Preventiva [Imagen], Arena Visual.

3.8.2.2 Estación Temporal de Residuos Sólidos

Es un área temporal el cual está situado por contenedores, tachos de diferentes colores según la norma NTP 900-058-2019 “Norma Técnica Peruana de Colores” y el decreto legislativo 1501 “ Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos”, sirve para recolectar, almacenar y clasificar los residuos y desechos de acuerdo a su composición, se encuentran posicionados sobre parihuelas para evitar la contaminación del suelo, la estación tiene un techo para evitar la caída de agua de lluvia y evitar la humedad.



Figura 3.7 Estación de residuos sólidos

Fuente: Adaptado de Tachos Ecológicos Cosmos #80 Rey [Imagen], Mercado Libre, 1999.

3.8.2.3 Almacén de Productos Químicos

Es una instalación habilitada para guardar productos químicos de alta inflamabilidad, debe contar con tarjetas de señalización que informen el ingreso a personas no autorizados para la manipulación de sustancias y un extintor para apagar posibles amagos de incendios.

Los recipientes con productos químicos, deben situarse sobre bandejas antiderrame para evitar la contaminación del suelo ante un posible derrame, estas últimas deben estar fabricados de un material anti flama no corrosivo según los estándares de seguridad, también la capacidad de diseño se debe considerar como mínimo el 110% del volumen de los recipientes almacenados.



Figura 3.8 Almacén de productos químicos

Fuente: Elaboración Propia

Los productos deben estar debidamente etiquetados con el rombo según la norma NFPA 704 (National Fire Protection Association) sirve para informar los niveles de riesgo, de inflamabilidad, de riesgo específico y reactividad.

Los cilindros deben llevar clara la identificación del contenido. Se debe contar con las HOJAS MSDS (hoja de datos técnicos para la seguridad de materiales).

3.8.2.4 Trazo y Replanteo Topográfico:

En esta actividad el topógrafo realiza un levantamiento topográfico el cual refleja la información de las coordenadas, ejes y niveles de las torres de comunicación partiendo desde la información de los BM del proyecto, según esta información técnica se dará lugar a la siguiente actividad propiamente del montaje de las torres.

3.8.3 Transporte y Recepción de Estructuras en la Zona de Montaje

Se hará una previa evaluación del acceso de las carreteras por el cual se va a trasladar el camión grúa cargado con las estructuras metálicas, debe estar en óptimas condiciones para el fácil transporte. Por consiguiente, se hará un reconocimiento en el área de montaje para establecer el espacio necesario y adecuado para la maniobra de izaje, considerando la longitud del camión grúa, el espacio adecuado para la descarga y almacenamiento de estructuras seguro y apropiado, evaluar del área que se encuentre libre de obstáculos como por ejemplo líneas de alta tensión que pueda interferir en el izaje, en ese caso se gestionaría el permiso de trabajos cerca de líneas eléctricas, después de realizar la inspección procedemos al transporte de estructuras.

La carga y descarga se realizará con el equipo semipesado “camión grúa 7 tn” seguidamente se procederá hacer la delimitación del área respetando el radio de trabajo 1.5 veces la altura máxima de izaje el cual nos indica los estándares de seguridad y la capacidad de levante del equipo. En la figura que hay a continuación se muestra la manera correcta para la descarga:

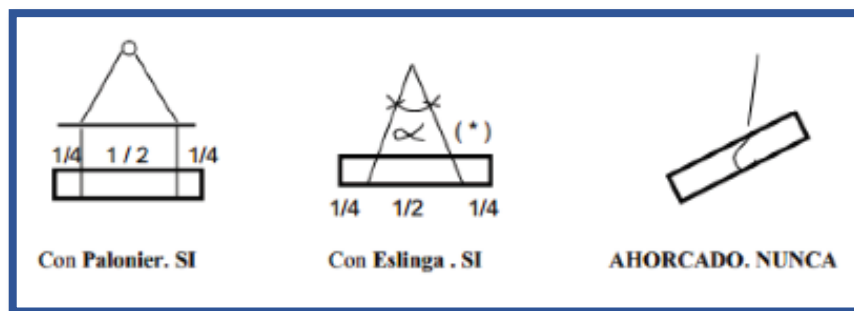


Figura 3.9 Formas de descarga de las estructuras

Fuente: Adaptado de *Elaboración de los Procedimientos Fabricación y Montaje de una Estructura de Acero para un edificio Tipo* [Imagen], (pág. 51), Ana Carolina Gavidia González ,2015.

- Palonier o Balancín: Sirve para izajes de elementos muy pesados que sobrepasan las 10Tn.
- Eslinga: Sirve para pesos livianos.

Los elementos de acero de las torres deben de estar apoyados en tacos de madera en terreno firme y nivelado, para evitar la corrosión y humedad y el daño superficial de las estructuras.

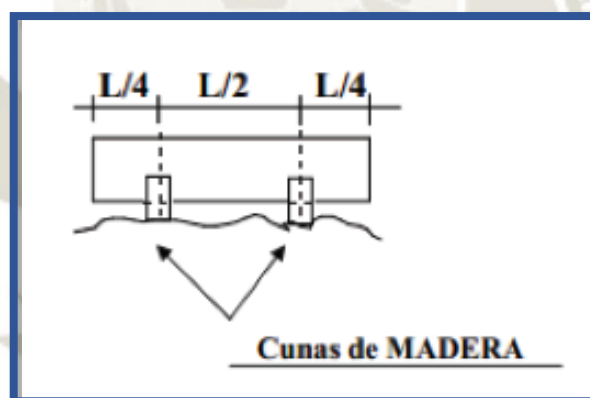


Figura 3.10 Apoyos en piso de las estructuras

Fuente: Adaptado de *Elaboración de los Procedimientos Fabricación y Montaje de una Estructura de Acero para un edificio Tipo* [Imagen], (pág. 52), Ana Carolina Gavidia González ,2015.

Para realizar la descarga de los elementos, la carga puede tener oscilaciones por la velocidad del viento de la zona ya que las Torres de Comunicación se encuentran en las partes más altas, es indispensable tener dos venteros (personal encargado de estabilizar la carga) junto con el rigger quien dirige la maniobra. Cuando se realice algún izaje debemos contar con un instrumento para medir la velocidad del viento llamado anemómetro digital, todo izaje solo se realizará a menos de 32km/hr según norma establecida.

3.8.4 Selección de Piezas de Montaje en Campo

Antes de comenzar el pre-ensamble de las estructuras es necesario realizar las siguientes actividades:

Realizar una inspección de calidad de todas las estructuras en piso, visualizar el estado en que llegaron a campo sin ningún tipo de deformación ni corrosión.

- Seleccionar las estructuras en piso por columnas, vigas y planchas de acuerdo al packing list y los planos de montaje.
- Corroborar con los planos de fabricación las dimensiones de las estructuras.
- Colocar tacos de madera en la parte inferior de los elementos para evitar el daño superficial.

El propósito de la selección es facilitar en el momento del pre-ensamble la ubicación de las estructuras para el rápido armado en piso.



Figura 3.11 Selección de estructuras en piso

Fuente: Elaboración Propia

3.8.5 Instalación de Placas Base

Antes del montaje de la torre de comunicación se instala placas de base, su función principal es de nivelar la estructura que se encuentra en la parte superior. Entre el extremo superior del concreto y el extremo inferior de la placa encontramos el grout es de un espesor 25mm como un elemento auto nivelante se muestra en la figura.

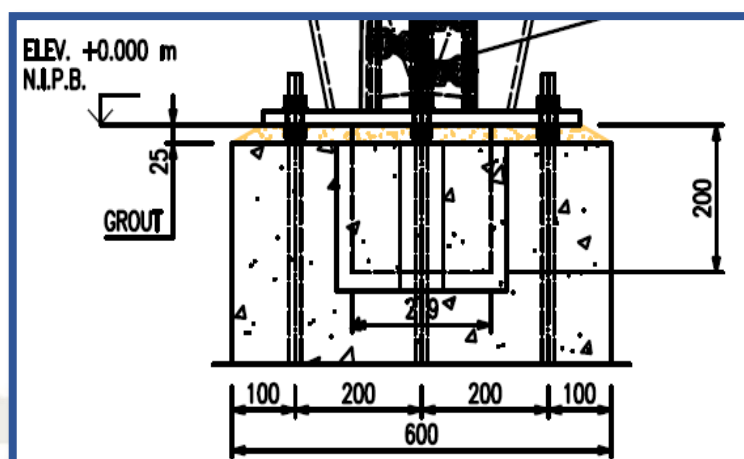


Figura 3.12 Planos de cotas de elevación de la placa base.

Fuente: Elaboración Propia

Para la instalación de la placa base se realiza el siguiente procedimiento:

- Escarificado de la base de concreto donde se aplicará el grout, sirve para que tenga una mejor adherencia con el concreto.
- Instalar la placa base encima de la tuerca de nivelación.
- Con ayuda del topógrafo nivelar la placa con respecto al plano, la tolerancia máxima es de ± 3 mm.
- Para finalizar colocar la tuerca, la contratuerca y la arandela.



Figura 3.13 Instalación de la placa base

Fuente: Elaboración Propia

3.8.6 Pre-ensamble en Piso de Estructuras

El pre-ensamble se realiza en piso, este método es viable porque es más fácil su desplazamiento del personal en terreno que en altura tanto para el armado como para la colocación de pernos.

El objetivo de preensamblar pórticos es reducir tiempo y recursos, por ende, el montaje ya no sería de elemento por elemento sino tener la mayor cantidad de elementos ensamblados como columnas, vigas, cartelas y arriostres y como resultado la optimización de tiempo a nivel de piso.

Para esta labor se requiere de una herramienta llamada punzón la cual sirve para hacer coincidir el centroide de dos agujeros en dos elementos y llaves mixtas, palanca ratchet con sus dados correspondientes de acuerdo al diámetro del perno para el prea juste.

En toda la actividad el personal debe contar con los EPPS adecuados para evitar cualquier tipo de incidentes o accidentes.

Al finalizar la actividad el supervisor de campo inspeccionara el armado de los pórticos en piso según los planos de montaje y dar la conformidad para proceder con el montaje.



Figura 3.14 *Pre-ensamble en piso de las estructuras metálicas*

Fuente: *Elaboración Propia*

3.8.7 Montaje de Estructuras de los Paneles Solares y Torre de Comunicación

Es el proceso en el cual se instala las estructuras en su posición definitiva mediante equipos como camión grúa, grúa telescópica, winche y los elementos de izaje que intervienen en la maniobra, dichas juntas están unidas mediante pernos o soldadura. La secuencia de montaje se realiza de la siguiente manera:

- Inicialmente se debe contar con el documento llamado rigging plant.
- Se verifica la velocidad del viento con el anemómetro digital no debe de sobrepasar los 32 km/hr.



Figura 3.15 Anemómetro digital

Fuente: Adaptado de Anemómetro Digital [Imagen], Latino Smart Tecnología y Accesorios, 2019.

- Se procede a estrobar la carga de acuerdo al bosquejo de la maniobra de izaje según el rigging plant con eslingas, grilletes y sogas.
- El rigger aplicara el código internacional de señales para para dar comienzo al izaje, en el momento que la carga deja de tocar el terreno, esta debe ser sujeta por sogas en todo momento para evitar que las estructuras rocen entre sí y sufra algún daño, el personal que se encargaría de esta actividad debe localizarse afuera de la demarcación para así evitar algún tipo de incidente en la maniobra.



Figura 3.16 Señales de Izaje del Rigger

Fuente: Adaptado de Señales de Mano para Operación de Grúas [Imagen], Grúas y Transportes, 2014.



Figura 3.17 Montaje de Estructuras

Fuente: *Elaboración Propia*

- Al momento en que la carga llegue a su posición final, el personal competente procederá a escalar la torre con los EPP adecuados, tener en consideración para alturas menores de 5.80 m se utilizará block retráctil, cuando se encuentre en la parte superior se instalan los pernos de las juntas de ambos extremos con ayuda del punzón y se realiza un preajuste.
- Antes de liberar la maniobra se coloca vientos o sogas en ambos laterales de la estructura para evitar el vaivén y asegurar debidamente la carga, se procede al desestrobamiento de la maniobra.

3.8.8 Torqueo de Pernos:

- Verificar los pernos por diámetro, longitud y número de pernos por juntas, que estén de acuerdo a los planos de montaje.
- Verificar la superficie de la tuerca y la cabeza de los pernos, debe encontrarse limpia y sin ningún defecto.
- Los pernos deben ser apretados por llaves mixtas, pistolas de impacto y llaves de torsión.
- Evitar que el perno gire cuando se esté ajustando si sucede se procede a desechar el perno y utilizar otro.
- La manera más óptima de ajuste es de la parte más rígida de la estructura (interior) hacia los extremos más libres.

- Según la norma se debe dejar tres hilos como mínimo y 5 como máximo libres entre la tuerca y el extremo del perno.
- El valor del torque debe estar en función al tipo de perno recomendado por el fabricante, si no se cuenta con los datos requeridos, se procede a usar tablas estándares de torque.
- Aplicar el torque adecuado utilizando el equipo (torquímetro).
- El torquímetro debe contar con el certificado de calibración vigente otorgado por identidades homologadas y autorizadas.
- Al finalizar el Torqueo se procede a pintar la cabeza del perno con marcador metálico para identificar que fue torqueado.
- Realizar el protocolo de Torque de Pernos.

3.8.9 Touch Up

Se realiza una preparación de las superficies mediante la limpieza dependiendo del material a resanar. Si es acero nuevo se utiliza chorro abrasivo según la norma SSPC-SP6, si es una superficie no metálica nueva se utiliza detergente biodegradable y si es una superficie no metálica antigua se realiza una limpieza manual mecánica según la norma SSPC-SP2. Medir las condiciones ambientales de la superficie para el producto son las siguientes:

Tabla 3.4 Condiciones ambientales de la pintura

PRODUCTO	Temperatura Superficial		% Humedad Relativa
	MÍNIMA	MÁXIMA	
Jet Primer Epoxy	4°C	50°C	< 85%
Jet 85 MP	4°C	50°C	< 85%
Jethane 650 HS	4°C	50°C	< 85%

Fuente: Elaboración Propia

La relación de mezcla según la ficha técnica del fabricante es de 4 de resina y 1 de catalizador, para facilitar la aplicación agregar 1/8 de galón de disolvente Jet Ecopoxy 90 por galón de pintura preparada y agitar la mezcla.

Consideras los siguientes aspectos para la aplicación del Jet Primer Epoxy:

Tabla 3.5 Especificaciones del Jet Primer Epoxi según ficha técnica

CAPA	Rendimiento	Espesor en seco	Repintado 21°C		Tiempo de Vida Útil
			Mínimo	Máximo	
Jet Primer Epoxi	33.5 m ² /gal	2 mills	2 horas	ilimitado	18 horas a 21°C

Fuente: Elaboración Propia

Al finalizar se debe utilizar el medidor de espesores según el procedimiento de la norma SSPC-PA2.

Luego de aplicar la primera capa y esperar 2 horas se procede a aplicar la segunda capa, la relación de mezcla según la ficha técnica es de 1 de resina y 1 de catalizador, para facilitar la aplicación agregar 1/8 de galón de disolvente Jet Ecopoxy 90 por galón de pintura preparada y agitar la mezcla.

Tabla 3.6 Especificaciones del Jet 85 MP según ficha técnica

CAPA	Rendimiento	Espesor en seco	Repintado 21°C		Tiempo de Vida Útil
			Mínimo	Máximo	
Jet 85 MP	21.1 m ² /gal	6 mills	8 horas	6 meses	1.5 horas a 21°C

Fuente: Elaboración Propia

Al finalizar se debe utilizar el medidor de espesores según el procedimiento de la norma SSPC-PA2.

Luego de aplicar la segunda capa y esperar 8 horas se procede a aplicar la tercera capa. La relación de mezcla según la ficha técnica es de 4 de resina y 1 de catalizador. Para facilitar la aplicación agregar 1/4 de galón de diluyente (de acuerdo a la temperatura del clima) por galón de pintura preparada y agitar la mezcla. Consideras los siguientes aspectos del Jethane 650 HS:

Tabla 3.7 Especificaciones de Jethane 650 HS según ficha técnica

CAPA	Rendimiento	Espesor en seco	Repintado 21°C		Tiempo de Vida Útil
			Mínimo	Máximo	
Jethane 650 HS	48.4 m ² /gal	2 mills	6 horas	7 días	2 horas a 25°C

Fuente: Elaboración Propia

Al finalizar se debe utilizar el medidor de espesores según el procedimiento de la norma SSPC-PA2.

Para corroborar

- Medidor de Espesores Elkometer.

- Termómetro.
- Psicrómetro (Medidor de Temperatura de Bulbo Seco y Húmedo).

Según el método de aplicación según el fabricante en la ficha técnica del producto nos recomienda algunos métodos de aplicación.

Tabla 3.8 Método de aplicación de las pinturas Jet

	MÉTODO 1	MÉTODO 2	MÉTODO 3
MÉTODO DE APLICACIÓN	EQUIPO AIRLESS DRACO BULLDOG 30:1 TIPO BOQUIILA	EQUIPO CONVENCIONAL A PRESIÓN	BROCHA Y RODILLO
Jet Primer Epoxy	Boquilla 0.015" a 0.021"	Similar a Devilbiss JGA-502, boquilla 704E/ 704F	Resistente a solventes epóxicos
Jet 85 MP	Boquilla 0.019" a 0.023"		Resistente a solventes epóxicos
Jethane 650 HS	Boquilla 0.011" a 0.017"		Resistente a diluyentes epóxicos

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 4

ANÁLISIS Y COMPARATIVA DE LA MANIOBRA PARA OPTIMIZAR TIEMPOS DE MONTAJE

4.1 RATIOS POR CADA ACTIVIDAD

Para el avance de las actividades de montaje se debe tener en consideración las ratios del proyecto utilizado en la siguiente tabla, sirve para calcular la eficiencia y la productividad. Para fijar las ratios es necesario realizar una previa evaluación del tipo de estructura a utilizar:

Tabla 4.1 Ratios de montaje y pre-ensamble

Tipo de Estructura		Modalidad de Montaje	Ratios	Peso Total	Cant. Elementos	H-H estimados
			(KG/H)	(KG)	(UND.)	(H-H)
ESTRUCTURA LIVIANA	Montaje Torre	Grúa telescópica	145.0	4700	110	32.4
		Pluma y winche	29.0	4700	110	162.1
	Pre-ensamble y montaje estructuras paneles	Grúa telescópica	25.0	1100	10	44.0
		Pluma y winche	20.0	1100	10	55.0
	Pre-ensamble Torre	Grúa telescópica	40.0	4700	110	117.5
		Pluma y winche	40.0	3200	110	80.0

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de H-H estimadas se determinó de acuerdo al metrado de la estructura del presupuesto original multiplicado con su ratio con respecto al tipo de estructura. El análisis de la tabla se obtuvo clasificando los pernos según el diámetro multiplicados por su respectivo ratio para poder sacar las H-H estimadas.

Tabla 4.2 Ratio de torqueo de pernos

Tipo de Estructura	Modalidad de Montaje	Ratio Perno 5/8"	Ratio Perno 1/2"	Diámetro Perno		H-H estimadas
		(Perno/H)	(Perno/H)	(5/8")	(1/2")	
ESTRUCTURA LIVIANA	Torque estructura torre	Grúa telescópica	28.5	27.8	400 500	32
		Pluma y winche	28.5	27.8	400 500	32
	Torque estructura paneles	Grúa telescópica	-	27.8	- 80	2.9
		Pluma y winche	-	27.8	- 80	2.9

Fuente: Elaboración Propia

4.2 CONTROL DE PROGRESO

- **Peso Neto:** Es el peso del elemento (perfiles estructurales) utilizado para cálculos de izaje o rigging plant.
- **Peso Ponderado por Actividad:** Es el peso de la estructura por cada actividad de acuerdo al porcentaje dado, utilizado para el control de avance del proyecto.

Tabla 4.3 Distribución de peso ponderado por actividades

Marca	Elemento	Cantidad	Peso	Transporte (Kg)	Pre-ensamble (Kg)	Montaje de Torre (Kg)	Torqueo (Kg)	Liberación (Kg)	Total, Acumulado
			Kg	5%	20%	50%	20%	5%	100%
MK-COL-1	L4X4X5/16	1	122.1	6.1	24.4	61.1	24.4	6.1	122.1
MK-PL-6	PL12x736.93x90	1	6.2	0.3	1.2	3.1	1.2	0.3	6.2
MK-VG-23	L4X4X1/4	1	29.7	1.5	5.9	14.9	5.9	1.5	29.7
TOTAL				7.9	31.6	79	31.6	7.9	158

Fuente: Elaboración Propia

4.3 INDICADORES

4.3.1 Indicador de Rendimiento

Es el indicador más importante por mide el rendimiento o performance del proyecto.

$$IR = \frac{\text{Tiempo de Producción}}{\text{Tiempo Proyectado}}$$

IR >1, nos indica que el tiempo de producción es mayor al tiempo proyectado.

IR=1, nos indica que el tiempo de producción es igual al tiempo proyectado.

IR<1, nos indica que el tiempo de producción es menor al tiempo proyectado.

4.3.2 Indicador de Producción diario

Es el indicador que nos hace referencia a los Kg/H-H montadas en el proyecto.

$$IP = \frac{\text{Peso Total de Montaje}}{\text{Hora} - \text{Hombre empleadas}}$$

4.4 INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA MODALIDAD 1 GRÚA TELESCÓPICA

Se propone este método de montaje para la instalación de la torre de comunicación, el cual consiste en instalar los elementos de acero por secciones.

4.4.1 Secuencia de Montaje

Para el montaje de las estructuras de la torre de comunicación utilizando como equipo de izaje una grúa telescópica, es necesario acondicionar un área en donde se posicionará el equipo, para ello es necesario realizar un corte al terreno natural de 400 m² debidamente compactado y nivelado.

- Los documentos y permisos de izaje incluido el rigging plant y el sketch deberán ser aprobados y firmados por los ingenieros supervisores encargados del proyecto.
- Antes de iniciar los trabajos de izaje se difundirá el procedimiento de montaje analizando los peligros, riesgos y medidas de control para evitar accidentes.

- Delimitación de área de trabajo, se colocará barras retractiles y conos de seguridad rojo a todo el perímetro comprometido en la maniobra de izaje.
- El posicionamiento de la grúa telescópica en el punto de trabajo, para ello el quipo extenderá sus estabilizadores completamente y estará de acuerdo a las medidas proyectadas en el sketch del rigging plant.
- Izaje de la primera sección de la torre de comunicación, la misma se encuentra a nivel de piso pre-ensamblada.
- La secuencia de montaje inicia con la primera sección pre-ensamblada completamente a nivel de piso, todas las secciones de la torre deben estar apoyadas en tacos de madera para evitar corrosión, la humedad y el daño superficial.
- El rigger o maniobrista coloca las eslingas, grilletes y dos sogas en los extremos de la estructura a izar en puntos equidistantes de tal manera que la carga este nivelada y equilibrada.
- El rigger dará la orden para levantar la carga previa coordinación con el operador de la grúa telescópica.
- Una vez finalizado el izaje y la carga este posicionada, el personal montajista procede a instalar los pernos de unión entre la placa base y las columnas, para alinear los agujeros se utiliza una herramienta llamada punzón.
- Para el montaje de la segunda y tercera sección se realizará con la misma secuencia anterior.
- El soporte del pararrayo estará pre-ensamblado en la tercera sección.
- Izaje de la estructura del soporte de los paneles solares con un peso aproximadamente de 500 kg, esta estructura será pre-ensamblada a nivel de piso, la misma que se izará con la grúa telescópica.

4.4.2 Análisis del Plan de Izaje Modalidad 1 Grúa Telescópica:

4.4.2.1 Selección de Eslingas:

El peso de la primera sección es

$$\text{Peso Neto} = 2000 \text{ kg}$$

Se adiciona un factor de seguridad del 20% del peso neto:

$$\text{Factor de Carga} = 2000 \text{ kg} * 1.2 = 2400 \text{ kg}$$

Se coloca 3 eslingas por ser una estructura triangular:

$$\text{Carga de trabajo individual} = \frac{2400 \text{ kg}}{3} = 800 \text{ kg}$$

Se encuentra el centroide de la carga con las siguientes fórmulas:

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2} * l = \frac{\sqrt{3}}{2} * 3.45 = 2.98m$$

$$r = \frac{2}{3} * h = \frac{2}{3} * 2.98 = 1.99m$$

Considerando una eslinga de 3 m se obtiene:

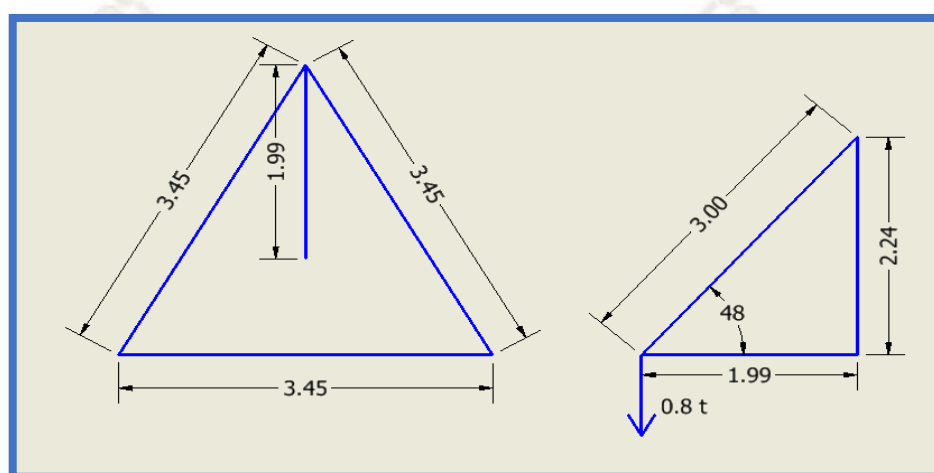


Figura 4.1 Diagrama de cuerpo libre de eslingas de izaje

Fuente: Elaboración Propia

$$F \sin 48 = 800 \text{ kg}$$

$$F = 1080 \text{ kg}$$

Tabla 4.4 Catálogo de eslingas de poliéster

Ancho		Color	Largo Ojo Cm	Carga Límite Trabajo m ton						
mm	Inch			Nº Capas	 Axial	 Lazo	 U	 60°	 45°	 30°
25	1	Violeta	30	1	1	1	1	1	1	1
				2	1,4	1,1	2,8	2,5	2,0	1,4
				3	2,1	1,7	4,2	3,8	2,9	2,1
				4	2,8	2,2	5,6	5,0	3,9	2,8
50	2	Verde	30	1	1,4	1,1	2,8	2,5	2,0	1,4
				2	2,8	2,2	5,6	5,0	3,9	2,8
				3	4,2	3,4	8,4	7,6	5,9	4,2
				4	5,6	4,5	11,2	10,1	7,8	5,6

Fuente: Adaptado de Eslingas Sintéticas [Imagen], Prodinsa, 2010.

Seleccionamos la eslinga 2"x 3m x 2 capa con una capacidad de 2.2 ton. Hallamos la capacidad de carga de la eslinga:

$$Capacidad\ eslinga = \frac{1.20}{2.2}$$

$$Capacidad\ eslinga = 54.5\%$$

4.4.2.2 Selección de Grilletes

Se considera la carga de trabajo para la primera sección de 1080 kg por ende según el catálogo seleccionado se obtiene:

Tabla 4.5 Catálogo de grilletes Crosby

Technical drawing of a Crosby shackle showing dimensions: G (overall width), E (width of eye), P (height of eye), C (height of body), H (total height), A (width of body), B (width of base), M (width of base), D (width of pin), and I (height of pin).

Nominal Size (in.)	Working Load Limit (t)*	Stock No.			Weight Each (kg)	Dimensions (mm)																Tolerance + / -	
		G-209	S-209	G-2090C		A	B	C	D	E	F	G	H	L	M	P	C	A					
3/16	1/3	1018357	-	-	.03	9.65	6.35	22.4	4.85	15.2	14.2	24.9	37.3	4.06	28.4	4.85	1.50	1.50					
1/4	1/2	1018375	1018384	-	.05	11.9	7.85	28.7	6.35	19.8	15.5	32.5	46.7	4.85	35.1	6.35	1.50	1.50					
5/16	3/4	1018393	1018400	-	.09	13.5	9.65	31.0	7.85	21.3	19.1	37.3	53.0	5.60	42.2	7.85	3.30	1.50					
3/8	1	1018419	1018428	-	.14	16.8	11.2	36.6	9.65	26.2	23.1	45.2	63.0	6.35	51.5	9.65	3.30	1.50					
7/16	1-1/2	1018437	1018446	-	.17	19.1	12.7	42.9	11.2	29.5	26.9	51.5	74.0	7.85	60.5	11.2	3.30	1.50					
1/2	2	1018455	1018464	-	.33	20.6	16.0	47.8	12.7	33.3	30.2	58.5	83.5	9.65	68.5	12.7	3.30	1.50					
5/8	3-1/4	1018473	1018482	1262219	.62	26.9	19.1	60.5	16.0	42.9	38.1	74.5	106	11.2	85.0	17.5	6.35	1.50					
3/4	4-3/4	1018491	1018507	1262228	1.07	31.8	22.4	71.5	19.1	51.0	46.0	89.0	126	12.7	101	20.6	6.35	1.50					

Fuente: Adaptado de Grilletes Crosby [Imagen], Crosby, 2013.

Se selecciona grilletes de 1/2" según la carga de trabajo, hallamos la capacidad de carga del grillete:

$$Capacidad\ grillete = \frac{1.20}{2.2}$$

$$Capacidad\ grillete = 54.5\%$$

4.4.2.3 Porcentaje de Capacidad de la Grúa Telescópica

Se realiza un análisis con una grúa telescópica Terex 35-1 con una capacidad de 35 toneladas. Realizando un análisis de las tres secciones de la torre de comunicación, se optó por tomar el izaje más crítico, en este caso analizamos la primera sección considerando los siguientes parámetros:

La altura total de la torre de comunicación será:

$$Altura\ 1 = 10.24\ m$$

El radio de trabajo de la grúa telescópica es:

$$R = 8m$$

El ángulo de trabajo es:

$$\theta = 52^{\circ}$$

Entonces tenemos la longitud de la pluma telescópica es:

$$LT = \sqrt{10.24^2 + 8^2} = 13\ m$$

Se calcula el peso total incluyendo un factor de seguridad del 20 %, peso de eslingas, peso del gancho, peso de grilletes, la carga de trabajo de la segunda sección es de 2 toneladas:

$$Peso\ Real = 2.5\ t$$

Calculando la capacidad de carga de la grúa telescópica es:

$$Capacidad = \frac{Carga\ Real}{Carga\ de\ Tablas} * 100\%$$

$$Capacidad = \frac{2.5}{9.45} * 100\% = 26.5\ \%$$

Analizando la segunda sección tenemos una altura total de la torre de comunicación:

$$Altura\ 2 = 15.24\ m$$

El radio de trabajo de la grúa telescópica es:

$$R = 8m$$

El ángulo de trabajo es:

$$\theta = 65.07^{\circ}$$

Entonces tenemos la longitud de la pluma telescópica es:

$$LT = \sqrt{15.24^2 + 8^2} = 17.21\ m$$

Se calcula el peso total incluyendo un factor de seguridad del 20 %, peso de eslingas, peso del gancho, peso de grilletes, la carga de trabajo de la segunda sección es de 1.5 toneladas:

$$Peso\ Real = 1.9\ t$$

Calculando la capacidad de carga de la grúa telescópica es:

$$Capacidad = \frac{Carga\ Real}{Carga\ de\ Tablas} * 100\%$$

$$Capacidad = \frac{1.9}{9.13} * 100\% = 20.9\ \%$$

Analizando la tercera sección tenemos:

La altura total de la torre de comunicación será:

$$Altura\ 3 = 20.24\ m$$

El radio de trabajo de la grúa telescópica es:

$$R = 8m$$

El ángulo de trabajo es:

$$\theta = 68.43^\circ$$

Entonces tenemos la longitud de la pluma telescópica es:

$$LT = \sqrt{20.24^2 + 8^2} = 21.77\ m$$

Se calcula el peso total incluyendo un factor de seguridad del 20 %, peso de eslingas, peso del gancho, peso de grilletes, la carga de trabajo de la segunda sección es de 1.2 toneladas:

$$Peso\ Real = 1.6\ t$$

Calculando la capacidad de carga de la grúa telescópica es:

$$Capacidad\ de\ carga = \frac{Carga\ Real}{Carga\ de\ Tablas} * 100\%.$$

$$Capacidad = \frac{1.6}{8.30} * 100\% = 19.3\ \%$$

El izaje de la primera sección sería el más crítico con un porcentaje de 26.5 %

Tabla 4.6 Tabla de carga de grúa telescópica RT35-1

LOAD CHART						
GRAPHIQUE DE CHARGE · TRAGLASTTABELLE · DIAGRAMMA DI CARICO · TABLA DE CARGA · TABELA DE CARGA · ТАБЛИЦА НАГРУЗОК						
4.2 t 5.9 m x 5.8 m 360° EUROPEAN STANDARD EN 13000						
	9.1 m	14.4 m	19.6 m	24.9 m	30.1 m	
m	t	t	t	t	t	m
3.0	35.00	21.70	16.10	-	-	3.0
3.5	31.00	20.75	15.00	12.90	-	3.5
4.0	28.40	19.90	14.05	12.05	-	4.0
4.5	25.50	19.15	13.20	11.30	5.00	4.5
5.0	23.00	18.45	12.45	10.60	5.00	5.0
6.0	16.25	17.25	11.00	9.40	5.00	6.0
7.0	-	15.10	9.80	8.25	5.00	7.0
8.0	-	9.45	8.85	7.50	5.00	8.0
9.0	-	7.60	8.05	6.80	5.00	9.0
10.0	-	6.25	6.30	6.20	5.00	10.0
11.0	-	5.25	5.30	5.70	4.80	11.0

Fuente: Adaptado de Datasheep de Grúa a todo Terreno con Capacidad 35t [Imagen], Terex, 2019.

La capacidad de carga de la grúa telescópica es de 9.45t, la siguiente tabla nos muestra un resumen de las condiciones del plan de izaje para el montaje de las torres de comunicación:

	FORMATO DEL PLAN DE IZAJE				FECHA: 27/03/22	
Nombre del Proyecto: Instalación y Montaje de Torres de Comunicación Autosoportadas						
Descripción de la maniobra: Montaje						
Datos técnicos de la Grúa:						
Marca:	Terex	Longitud de Pluma:	30.1 m	Angulo de Trabajo:	63	
Modelo:	35-1	Longitud de Plumín:	N/A	Capacidad de eslinga:	2.2 ton	
Tipo de Pluma:	Telescópica	Peso de la Grúa:	24620 kg	Capacidad de grilletes:	2.2 ton	
Tipo de Plumín:	N/A	Radio máximo:	27 m	Configuración:	Grúa Telescópica sobre ruedas	
Carga Máxima:	35 ton					
Detalles de la carga:						
Detalles		Peso/ Unidad	Cantidad	Peso Total		
Sección de Torre de Comunicación:		2000 kg	1	2000		
Peso del Gancho:		50 kg	1	50		
			Peso Total de Carga:	2050		
Rigging:						
Detalles		Peso/ Unidad	Cantidad	Peso Total		
Eslingas:		5 kg	3	15		
Grilletes:		4 kg	3	12		
			Peso Total de Accesorios:	27		
Peso adicional de otros componentes:						
Detalles		Peso/ Unidad	Cantidad	Peso Total		
			Peso Total de Componentes:			
Capacidad de carga de Grúa:						
Carga Total a Izar:		2077 kg				
Factor de carga adicional:		2500kg				
Radio de Trabajo:		8 m				
Longitud de Pluma:		13 m				
Capacidad de carga según tabla:		9450 kg				
Porcentaje de Capacidad:		26.5 %				
Documentación Adicional:						

4.5 INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA MODALIDAD 2 PLUMA Y WINCHE DE IZAJE

Se propone este método de montaje para la instalación de la torre de comunicación, el cual consiste en instalar los elementos de acero por caras.

4.5.1 Secuencia de Montaje

- Según la figura 42 (primera sección) el montaje de la primera sección se inicia con las columnas A, B y C de manera independiente (resaltadas en color amarillo) con sus respectivas cartelas debidamente pre-ensambladas, a su vez a las columnas se le colocará una soga de nylon la misma que servirá para poder la guiar el elemento de acero hasta su posición final a pie de placa base, todo el izaje de las estructuras de acero se realizará con el apoyo de un winche de 5 toneladas.
- El personal montajista procede a instalar los pernos de unión entre la placa base y la columna, para alinear los agujeros se utiliza una herramienta de acero (punzón), seguidamente se procede a liberar la maniobra con apoyo de una escalera telescópica de 8 peldaños, esta secuencia se empleará para las dos subsiguientes columnas.
- Seguidamente se procederá a izar la estructura pre-ensamblada de vigas y arriostres (resaltadas en color naranja, celeste y verde), se instalarán dos sogas en ambos extremos de la estructura a izar, una vez que la estructura este en su posición final el personal subirá a instalar los pernos y el ajuste respectivo en las uniones. Luego se procede a colocar la escalera por la parte superior de la estructura siguiendo la misma secuencia de montaje.

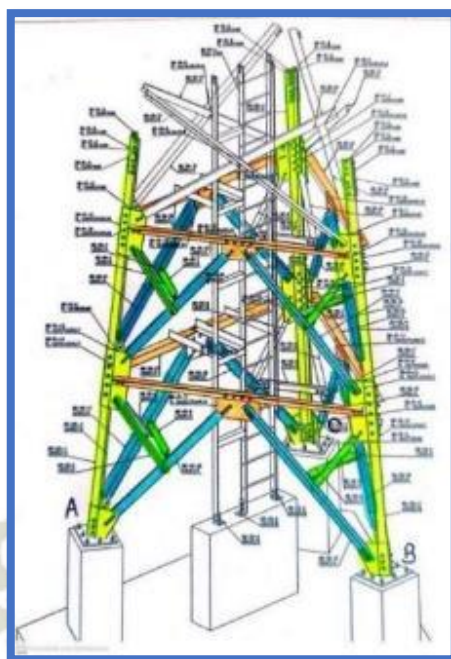


Figura 4.2 Primera sección

Fuente: Adaptado de Plano Detallado de Estructuras de Torres Autosostenidas [Imagen], Protab, 2020.

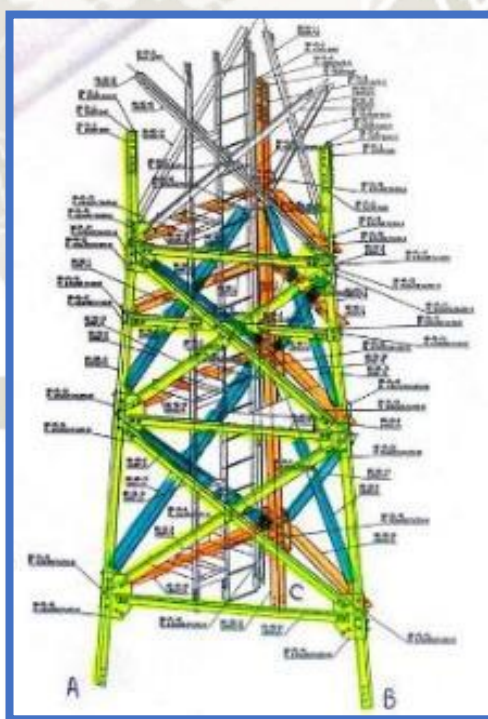


Figura 4.3 Segunda sección

Fuente: Adaptado de Plano Detallado de Estructuras de Torres Autosostenidas [Imagen], Protab, 2020.

- Según la figura 43 (segunda sección), se proyecta instalar la estructura de la cara AB completa (resaltada de color amarillo), se coloca dos sogas en los extremos de la estructura a izar y luego se procede a realizar el montaje, una

vez finalizado el izaje y la carga este en su posición final, el personal sube a instalar los pernos de unión entra la estructura izada y la primera sección, posteriormente se procede a liberar la maniobra. En la viga superior de la estructura se coloca dos sogas amarradas a la pluma de izaje para evitar el vaivén de la misma.

- Seguidamente se procede a realizar el montaje de la columna C con sus cartelas y vigas laterales de ambas caras (resaltada de color naranja) siguiendo la misma secuencia de montaje anterior.
- Luego se coloca los arriostres de ambas caras (resaltados de color celeste), de igual manera se instalará la escalera por la parte superior siguiendo la misma secuencia anterior.

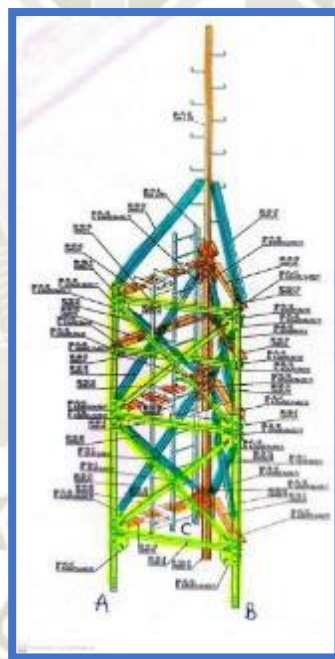


Figura 4.4 Tercera sección

Fuente: Adaptado de Plano Detallado de Estructuras de Torres Autosostenidas [Imagen], Protab, 2020.

- En la figura 44 (tercera sección) el montaje de la estructura se realizará con la misma secuencia de la segunda sección excepto el soporte de pararrayo, el mismo irá instalado con la columna C pre-ensamblado en piso.
- Asimismo, la estructura soporte de los paneles solares que energizan a la torre de comunicación se instalan con la misma pluma de izaje instalada e inclinada

a 4°, la estructura es previamente pre-ensamblada en su totalidad a nivel de piso.

4.5.2 Instalación de la Pluma de Izaje

La pluma de izaje está compuesta por 3 secciones de 6m de longitud cada una con un peso total de 180 kg, es previamente armada a nivel de piso como se muestra en la figura siguiente.



Figura 4.5 Armado de pluma de izaje en piso

Fuente: *Elaboración Propia*

La actividad previa es fijar los cáncamos en el piso para que estos queden fijos al terreno, estos nos ayudarán en el izaje de la pluma y en el montaje de las torres de comunicación, deben ser colocados en la ubicación de los 4 puntos cardinales con una profundidad de 60 cm con respecto al terreno.



Figura 4.6 Fijación de cáncamos a terreno

Fuente: *Adaptado de Izaje de Pluma de Aluminio [Imagen], Enalvareli1, 2014.*

Luego se instala los tirfor que sirve para levantar la pluma, estarán unidos a los cáncamos plantados anteriormente mediante estrobos de acero. En el cabezal superior rotatorio de la pluma se instala los 4 cables con una longitud de 30m que servirá para la estabilidad de la pluma en el momento del izaje y estarán unidos a los tirfor, también se coloca la polea de maniobra.

La pluma no puede ser levantada por el tiro que realiza el tirfor, para ello se utiliza un cuartón de madera de 4"x 4"x 3m o cabria en forma de tijera por donde pasara el cable como se muestra en la siguiente figura, esto para dar mayor alcance al momento de verticalizar la pluma. El cuartón de madera eleva la pluma un poco para que el tirfor pueda realizar su trabajo.



Figura 4.7 Colocación de los listones de madera

Fuente: Adaptado de Izaje de Pluma de Aluminio [Imagen], Enalvareli1, 2014.

El tirfor de uno de los extremos empieza a jalar moviendo la palanca para que este empiece a levantar la pluma, en los otros extremos se localiza un trabajador en cada cáncamo tensionando los cables (como se ve en la figura) mientras esta se eleva.



Figura 4.8 Proceso de instalación de pluma de izaje

Fuente: Adaptado de Izaje de Pluma de Aluminio [Imagen], Enalvareli1, 2014.

Una vez concluido el proceso de izar la pluma, se realiza maniobras para su fijación y lograr que tenga la inclinación adecuada para el montaje.

Se procede a analizar las reacciones en la base de la pluma aplicando una carga de 910 kg:

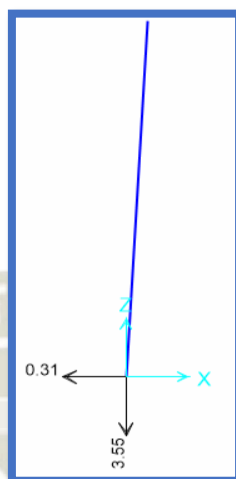


Figura 4.9 Dirección de las fuerzas resultantes a un ángulo de 20°

Fuente: SAP2000,2022

Tabla 4.7 Fuerzas y momentos máximos a un ángulo de 20°

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	F1 Tonf	F2 Tonf	F3 Tonf	M1 Tonf-m	M2 Tonf-m	M3 Tonf-m
►	1	CARGA	LinStatic	-0.3103	0	-3.5507	0	0	0

Fuente: SAP2000,2022

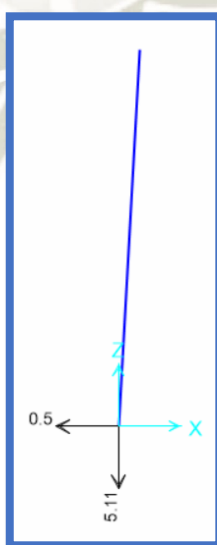


Figura 4.10 Dirección de las fuerzas resultantes a un ángulo de 30°

Fuente: SAP2000,2022

Tabla 4.8 Fuerzas y momentos máximos a un ángulo de 30°

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	F1 Tonf	F2 Tonf	F3 Tonf	M1 Tonf-m	M2 Tonf-m	M3 Tonf-m
►	1	CARGA	LinStatic	-0.5024	0	-5.1067	0	0	0

Fuente: SAP2000,2022



Figura 4.11 Dirección de las fuerzas resultantes a un ángulo de 45°

Fuente: SAP2000,2022

Tabla 4.9 Fuerzas y momentos máximos a un ángulo de 45°

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	F1 Tonf	F2 Tonf	F3 Tonf	M1 Tonf-m	M2 Tonf-m	M3 Tonf-m
►	3	CARGA	LinStatic	-0.7821	0	-7.8742	0	0	0

Fuente: SAP2000,2022

Al verificar las reacciones obtenidas en el SAP2000, se realiza la fijación del soporte de la base de la pluma en piso, de acuerdo a la siguiente figura:

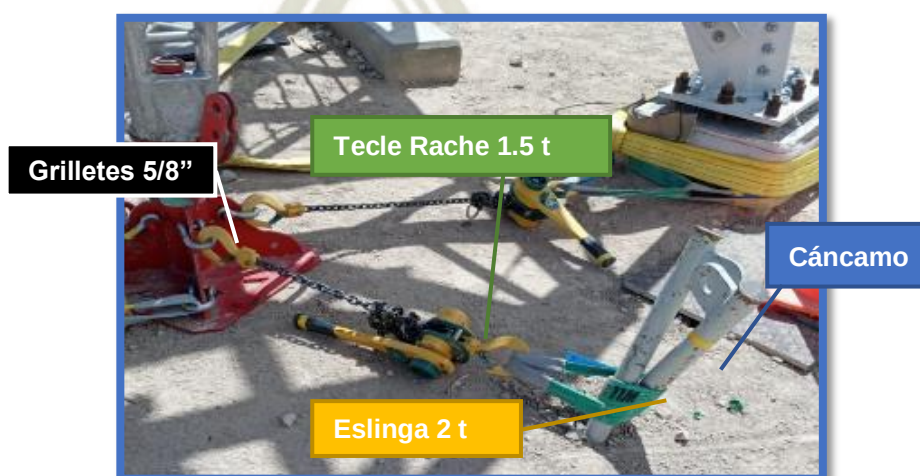


Figura 4.12 Modelo para fijar la base de la pluma de izaje

Fuente: Elaboración Propia

El winche de izaje se asegura mediante cáncamos al piso para evitar que durante el izaje este último se desplace y se procede a colocar el cable para la maniobra de izaje.

4.5.3 Desmontaje de la Pluma de Izaje

- Un operario montajista se encarga de retirar la polea principal de maniobra del cabezal superior de la pluma, esta se instalará en la parte superior de la torre de comunicación fijada con grillete y eslinga de poliéster utilizadas en el montaje.
- Seguidamente se colocará la maniobra a la pluma de izaje, la misma que estará unida al cable del winche de 5 toneladas.
- Luego 4 operarios se ubicarán en cada tirfor instalado para soltar la tensión de los cables.
- El responsable de operar el winche procede a bajar lentamente la pluma previa coordinación con los 4 operarios que manipulan los tirfor.
- Una vez que la pluma este a nivel de piso se procede a desmontaje de cada sección.

4.5.4 Análisis del Plan de Izaje Modalidad 2 Pluma y Winche de Izaje:

4.5.4.1 Selección de Eslingas:

Según el procedimiento de montaje se considera la cara de la segunda sección la más crítica por ende tenemos:

$$\text{Peso neto} = 500 \text{ kg}$$

Se adiciona un factor de seguridad del 20% del peso neto:

$$\text{Factor de carga} = 500 \text{ kg} * 1.2 = 600 \text{ kg}$$

$$\text{Se coloca 1 eslinga} = \frac{600 \text{ kg}}{1} = 600 \text{ kg}$$

Asumimos una eslinga de 3 m para el izaje obteniendo

$$F = 600 \text{ kg}$$

Tabla 4.10 Catálogo de eslingas de poliéster

Ancho		Color	Largo Ojo Cm	Carga Límite Trabajo m ton						
mm	Inch			Nº Capas	 Axial	 Lazo	 U	 60º	 45º	 30º
25	1	Violeta	30	1	1	1	1	1	1	1
				2	1,4	1,1	2,8	2,5	2,0	1,4
				3	2,1	1,7	4,2	3,8	2,9	2,1
				4	2,8	2,2	5,6	5,0	3,9	2,8
50	2	Verde	30	1	1,4	1,1	2,8	2,5	2,0	1,4
				2	2,8	2,2	5,6	5,0	3,9	2,8
				3	4,2	3,4	8,4	7,6	5,9	4,2
				4	5,6	4,5	11,2	10,1	7,8	5,6

Fuente: Adaptado de Eslingas Sintéticas [Imagen], Prodinsa, 2010.

Seleccionamos la eslinga 1"x 3m x 3 capa con una capacidad de 1.7 ton y hallamos la capacidad de carga de la eslinga obteniendo:

$$Capacidad\ eslinga = \frac{0.66}{1.7}$$

$$Capacidad\ eslinga = 38.8 \%$$

4.5.4.2 Selección de Cable en Izaje de Montaje

El manual que se utilizara para la selección del winche de izaje es de la empresa ProWinch, con transmisión mecánica y motor de gasolina, con una capacidad de carga de 5 ton y una potencia de 13 HP.

TECHNICAL PARAMETERS / PARÁMETROS TÉCNICOS	
Code / Código	PWCG5T
Capacity 1st Layer:	11.023 lb
Capacidad 1ª capa:	5.000 kg
Speed:	13 ~ 29 ft/min
Velocidad:	4 ~ 24 m/min
Application:	Pulling
Aplicación:	Arrastre
Power:	10 kW
Potencia:	13 Hp
Transmission:	Mechanics
Transmisión:	Mecánica
Motor:	Honda GX390 Gasolina
Total Weight:	304 lb
Peso Total:	138 kg

Figura 4.13 Catálogo de winche de izaje

Fuente: Adaptado de Manual de Usuario y Advertencias de Seguridad Winches Serie PWC [Imagen], ProWinch, 2014.

Tabla 4.11 Catálogo de cable de acero

CLASIFICACIÓN 19 X 7					
ANTIGIRATORIO					
Diámetro		Peso aprox.		Resistencia a la ruptura	
pulgadas	milímetros			Arado Extra Mejorado EIPS	
inch	mm	lb/ft	kg/m	lb	Ton *
1/4	6,4		0,17		2,51
5/16	8		0,28		3,90
3/8	9,5		0,36		5,58
1/2	13	0,45	0,67	21600	9,8

Fuente: Adaptado de Cables y Cadenas de Acero de Alta Resistencia [Imagen], Leoncables.

Elegimos el cable de 3/8" considerando la carga de trabajo del winche, se utilizó de clase 19x7 para prevenir la rotación y su principal característica es que tiene un alma de acero.

4.5.4.3 Selección de Grilletes

Las eslingas se sujetarán con grilletes para evitar cualquier tipo de deslizamiento de la carga se considera un peso de 600 kg según la carga de trabajo a izar, se considera el ancho de las eslingas seleccionada anteriormente por el ángulo de trabajo que tendrán con respecto al grillete.

Tabla 4.12 Catálogo de grilletes Crosby

Nominal Size (in.)	Working Load Limit (t)*	Stock No.			Weight Each (kg)	Dimensions (mm)														Tolerance + / -	
		G-209	S-209	G-2090C		A	B	C	D	E	F	G	H	L	M	P	C	A			
3/16	1/3	1018357	—	—	.03	9.65	6.35	22.4	4.85	15.2	14.2	24.9	37.3	4.06	28.4	4.85	1.50	1.50			
1/4	1/2	1018375	1018384	—	.05	11.9	7.85	28.7	6.35	19.8	15.5	32.5	46.7	4.85	35.1	6.35	1.50	1.50			
5/16	3/4	1018393	1018400	—	.09	13.5	9.65	31.0	7.85	21.3	19.1	37.3	53.0	5.60	42.2	7.85	3.30	1.50			
3/8	1	1018419	1018428	—	.14	16.8	11.2	36.6	9.65	26.2	23.1	45.2	63.0	6.35	51.5	9.65	3.30	1.50			
7/16	1-1/2	1018437	1018446	—	.17	19.1	12.7	42.9	11.2	29.5	26.9	51.5	74.0	7.85	60.5	11.2	3.30	1.50			
1/2	2	1018455	1018464	—	.33	20.6	16.0	47.8	12.7	33.3	30.2	58.5	83.5	9.65	68.5	12.7	3.30	1.50			
5/8	3-1/4	1018473	1018482	1262219	.62	26.9	19.1	60.5	16.0	42.9	38.1	74.5	106	11.2	85.0	17.5	6.35	1.50			
3/4	4-3/4	1018491	1018507	1262228	1.07	31.8	22.4	71.5	19.1	51.0	46.0	89.0	126	12.7	101	20.6	6.35	1.50			

Fuente: Adaptado de Grilletes Crosby [Imagen], Crosby, 2013.

Se selecciono el grillete de 3/8" considerando en ancho de la eslinga, el ancho del cable y la carga de trabajo y hallamos la capacidad de carga del grillete:

$$Capacidad\ grillete = \frac{0.66}{1}$$

$$Capacidad\ grillete = 66 \%$$

4.5.4.4 Selección de Poleas de Maniobra

Para la selección de las dos poleas de maniobra utilizadas en el izaje se considera la carga de trabajo de 600 kg y asumimos una longitud del cable de 38 m y un diámetro de 9.5 mm, el cual tiene un peso de 13.68 kg.

Tabla 4.13 Catálogo de Poleas de Maniobra

● DATOS TÉCNICOS												
MODELO	CARGA TRABAJO (t)	APERTURA DE GANCHO (H mm)	APERTURA (mm)	Dimensiones (mm)								Peso (kg)
				B	B1	B2	H1	H2	H3	D1	D2	
HPB-10	1.0	23	7	118	76	17	305	200	23	85	105	3.3
HPB-20	2.0	27	13	119	92	24	425	263	30	150	190	8.9
HPB-32	3.2	31	17	230	108	28	495	295	40	180	220	15.5
HPB-64	6.4	42	19	270	116	35	655	375	47	210	260	26.5
DHPB-40	4.0	-	17	200	135	-	395	245	-	165	190	28.6
DHPB-64	6.4	-	19	250	170	-	435	260	-	190	220	36.8

Fuente: Adaptado de Polea para cable de Acero 6.4 ton [Imagen], Escaleras y Maniobras.

Se selecciona la polea HPB-20 de una capacidad de carga de 2 t y la apertura para la entrada del cable de 13 mm, hallamos la capacidad de carga de la polea:

$$Capacidad\ polea = \frac{0.614}{2}$$

$$Capacidad\ grillete = 31 \%$$

4.5.4.5 Selección de Cable en Vientos o Retenida de la Pluma de Izaje

En la selección de los 4 cables de las retenidas de la pluma de izaje se considera el peso de todos componentes como la carga neta, el peso de la pluma de izaje, peso de las poleas, peso de cable de la maniobra, peso de los aparejos obteniendo:

$$Peso\ neto = 756\ kg$$

Se adiciona un factor de seguridad del 20% del peso neto:

$$Factor\ de\ carga = 906.82\ kg$$

Tabla 4.14 Catálogo de cable de acero

Diámetro		Peso aprox. En kgs. por metro	Resistencia a la ruptura en toneladas Arado Extra Mejorado
mm	pulg.		
6,4	1/4	0,17	3,08
8	5/16	0,27	4,78
9,5	3/8	0,39	6,85
11,5	7/16	0,52	9,25
13	1/2	0,68	12,10
14,5	9/16	0,88	15,20
16	5/8	1,07	18,7

Fuente: Adaptado de Cables y Cadenas de Acero de Alta Resistencia [Imagen], Leoncables.

Elegimos el cable de 1/4" para los vientos de pluma de izaje considerando la carga de trabajo, se utilizó de clase 6x36 con alma de fibra porque es ideal para maniobras donde no haya abrasión severa, hallamos la capacidad de carga de la eslinga:

$$Capacidad\ eslinga = \frac{1}{3.08}$$

$$Capacidad\ eslinga = 32.4 \%$$

4.5.4.6 Porcentaje de Capacidad de la Pluma de Izaje

Se calcula el peso total incluyendo el peso neto, factor de seguridad, peso de poleas, peso de grilletes, peso de eslingas.

$$Peso\ Bruto\ Total = 910\ kg$$

Según la tabla de cargas se escogería la inclinación que más se asemeje al ángulo de trabajo:

Tabla 4.15 *Tabla de carga de pluma de izaje FAL100*

Modelo	Capacidad total [kN]			Longitud total [m]	Longitud de secciones [m]	Masa [kg]
	Pos. E 0°	Pos. F 20°	Pos. G 20°			
FAL001	13	10	3	8	4+4	40
FAL010	13	10	3	12	4+4+4	65
FAL020	20	16	4	8	4+4	45
FAL030	20	16	4	10	4+2+4	60
FAL040	20	16	4	12	4+4+4	70
FAL050	25	20	5	8	3+2+3	50
FAL060	25	20	5	12	4+4+4	80
FAL070	25	20	5	16	5+6+5	110
FAL080	38	30	7	12	4+4+4	100
FAL090	38	30	7	16	5+6+5	130
FAL100	38	30	7	18	6+6+6	180
FAL110	38	30	7	20	5+5+5+5	200

Fuente: Adaptado de Pluma de Aleación de Aluminio [Imagen], RTHO, 2021,

Para hallar el ángulo de trabajo se considera los siguientes datos de entrada:

La longitud de pluma de izaje:

$$L_{pi} = 18m$$

El radio de trabajo desde la posición de la pluma hasta el centroide de la estructura de base triangular de la torre:

$$Radio\ de\ trabajo = 1m$$

Obtenemos el ángulo de trabajo de:

$$\theta = \cos^{-1} \frac{1m}{18m} = 4^\circ$$

Según el Modelo y la posición de trabajo aproximadamente es de 4° de inclinación con respecto a la vertical su capacidad total es de 3.64 t, realizando un análisis de las tres secciones de la torre de comunicación, se optó por tomar el izaje más crítico, en este caso sería la segunda sección obteniendo los siguientes resultados:

$$\% \text{ Capacidad máxima} = \frac{\text{Peso bruto}}{\text{Capacidad de pluma}} = \frac{0.93}{3.64} = 25.5 \%$$

4.5.4.7 Selección de Tirfor

En la selección de los 4 tirfor que irán unidos a los 4 cáncamos ubicados en cada extremo de la pluma de izaje se utiliza de una carga de trabajo de 930 kg.

Tabla 4.16 Catálogo de tirfor

● DATOS TÉCNICOS					
MODELO	WRP	008	016	032	054
CAPACIDAD DE IZAJE	(ton)	0.8	1.6	3.2	5.4
CAPACIDAD DE ARRASTRE	(ton)	1.2	2.4	5.0	8.0
MÁXIMO ESFUERZO DEL OPERARIO	(ton)	284	412	441	850
RECORRIDO DEL CABLE POR CADA MOVIMIENTO	(mm)	52	55	28	25
DIÁMETRO DE CABLE	(mm)	8.3	11	16	20
PESO NETO (SÓLO EL CUERPO)	(kg)	6.4	12.0	23.0	56.5
PESO NETO (20m. CABLE DE ACERO)	(kg)	7.0	11.5	23.5	36
PESO NETO (PALANCA)	(kg)	1.15	2.5	2.5	3.7
DIMENSIONES (CUERPO) (mm)	LxAxH	440x70x255	560x100x295	675x120x350	940x170x440

Fuente: Adaptado de Tirfor de Arrastre [Imagen], Rhino Hoist, 2020,

Se selecciona el tirfor con capacidad de izaje de 1.6 ton según la carga de trabajo y hallamos la capacidad de carga del tirfor:

$$Capacidad\ tirfor = \frac{0.93}{1.6}$$

$$Capacidad\ tirfor = 58.13\%$$

4.5.4.8 Selección de Estrobos

Los estrobos servirán para la unión entre el cáncamo y el tirfor, se coloca en forma enlazada en ambos cáncamos con el llamado nudo montajista en forma de 8 para evitar el desplazamiento de estos. La carga de trabajo es de 930 kg.

Tabla 4.17 Catálogo de estrobos

ESTROBOS DE UN BRAZO 6X26 ó 6X36				
En Acero de Arado Extra Mejorado (EIPS)				
CABLE CON		ALMA DE FIBRA		
				
DIAMETRO DE CABLE		CAPACIDAD DE CARGA EN TONELADAS MÉTRICAS		
Pulg.	mm.	Vertical	Enlazada	En "U"
1/4"	6.35	0.51	0.38	1.00
5/16"	7.94	0.79	0.60	1.54
3/8"	9.53	1.09	0.85	2.27
1/2"	12.70	2.00	1.45	3.99
5/8"	15.88	2.93	2.19	4.99
3/4"	19.05	4.35	3.36	8.80
7/8"	22.23	5.99	4.54	11.79

Fuente: Adaptado de Expertos de Equipos de Carga [Imagen], Procarga, 2017.

Se selecciona el estrobo de cable con alma de fibra con capacidad 2 ton y diámetro del cable de 1/2". Hallamos la capacidad de carga del estrobo

$$Capacidad\ estrobo = \frac{0.93}{2}$$

$$Capacidad\ estrobo = 47 \%$$

	FORMATO DEL PLAN DE IZAJE	FECHA: 27/03/22			
Nombre del Proyecto: Instalación y Montaje de Torres de Comunicación Autosoportadas					
Descripción de la maniobra: Montaje					
Datos técnicos de la Pluma de Izaje:					
Marca:	Telmex	Longitud de Pluma:	24 m	Angulo de Trabajo:	4°
Modelo:	FAL 100	Longitud de Plumín:	N/A	Capacidad de eslinga:	1.7 ton
Tipo de Pluma:	Plumas Mástiles	Peso de la Grúa:	120 kg	Capacidad de grilletes:	1.1 ton
Tipo de Plumín:	N/A	Radio máximo:	22.5 m	Configuración:	N/A
Carga Máxima:	3.8 ton				
Detalles de la carga:					
Detalles	Peso/ Unidad	Cantidad	Peso Total		
Sección de Torre de Comunicación:	500 kg	1	500		
Peso de la polea:	10 kg	2	20		
Peso de la pluma:	180 kg	1	180		
		Peso Total de Carga:	700		
Rigging:					
Detalles	Peso/ Unidad	Cantidad	Peso Total		
Eslingas:	5 kg	3	15		
Grilletes:	3 kg	9	27		
Cable de carga:	13.68 kg	1	13.68		
Cable de Maniobra:	4.25	4	17		
		Peso Total de Accesorios:	72.68		
Peso adicional de otros componentes:					
Detalles	Peso/ Unidad	Cantidad	Peso Total		
		Peso Total de Componentes:			
Capacidad de carga de la Pluma de Izaje:					
Carga Total a Izar:	772.68 kg				
Factor de carga adicional:	927.22 kg				
Radio de Trabajo:	2 m				
Longitud de Pluma:	18 m				
Capacidad de carga según tabla:	3640 kg				
Porcentaje de Capacidad:	25.5 %				
Documentación Adicional:					

4.5.4.9 Cáncamos

Los cáncamos fabricados en acero dulce considerando las siguientes dimensiones:

Resistencia Última de Rotura = 540 MPa

Longitud = 1.2 m

Fuerza Aplicada = 930 kg

Diámetro del cáncamo = 2"

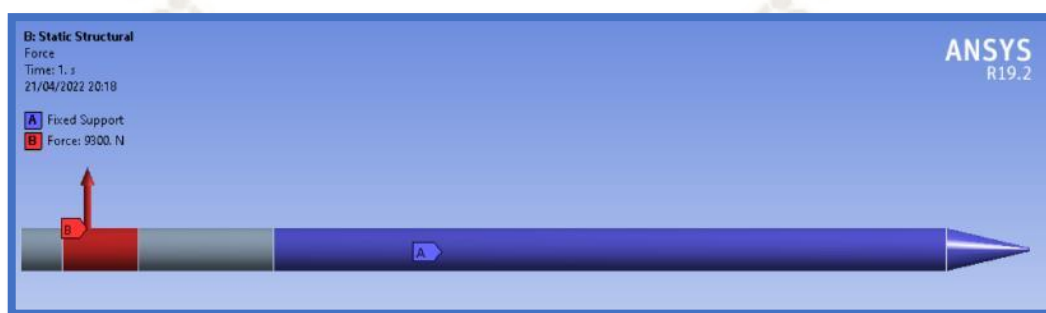


Figura 4.14 Configuración de la Carga 910 kg

Fuente: Adaptado de Ansys Help [Imagen], Ansys, 2019.

Se emplearán una malla híbrida conformado por elementos tetraédricos y hexaédricos. La calidad de la malla se determinará en base al coeficiente de asimetría y el coeficiente de ortogonalidad, se establecen los límites para ambos coeficientes:

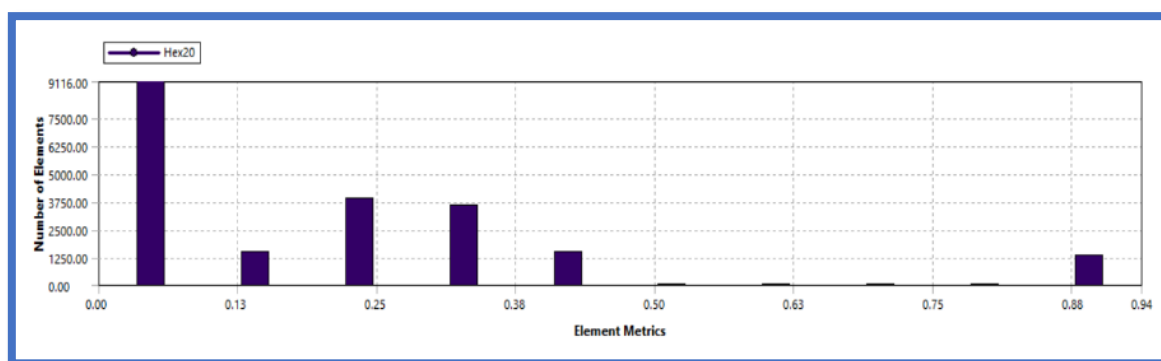
Tabla 4.18 Coeficientes calidad malla

Skewness mesh metrics spectrum:					
Excellent	Very good	Good	Acceptable	Bad	Unacceptable
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00

Orthogonal Quality mesh metrics spectrum:					
Unacceptable	Bad	Acceptable	Good	Very good	Excellent
0-0.001	0.001-0.14	0.15-0.20	0.20-0.69	0.70-0.95	0.95-1.00

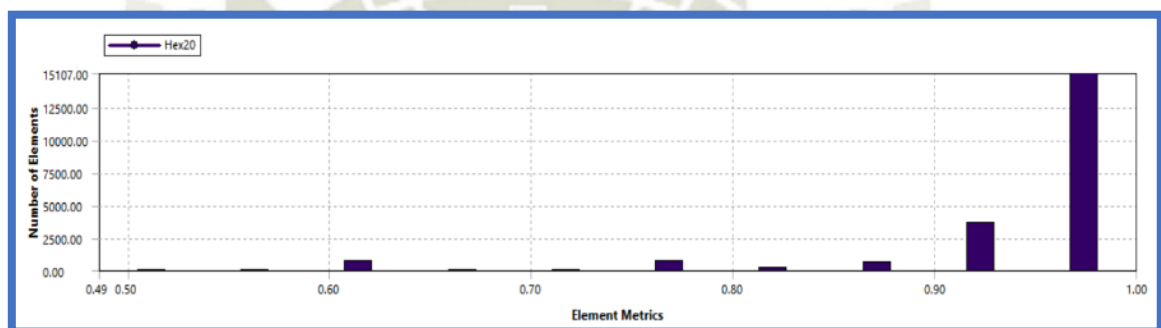
Fuente: Adaptado de Ansys Help [Imagen], Ansys, 2019.

Tabla 4.19 Coeficiente skewness (0.19)



Fuente: Adaptado de Ansys Help [Imagen], Ansys, 2019.

Tabla 4.20 Coeficiente skewness (0.19)



Fuente: Adaptado de Ansys Help [Imagen], Ansys, 2019.

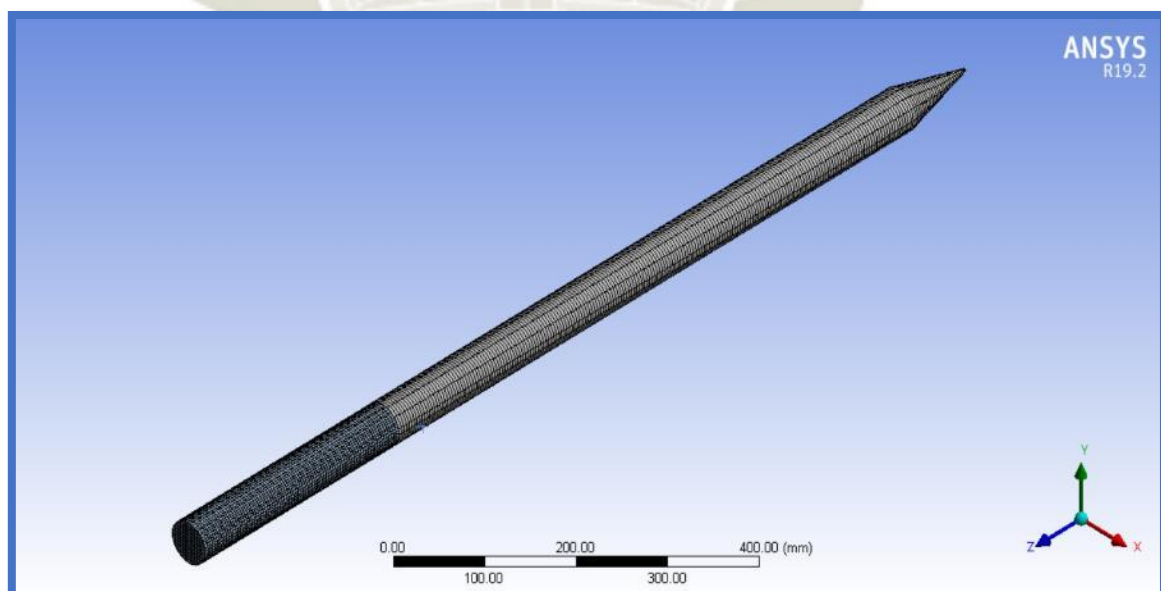


Figura 4.15 Mallado hexaédrico

Fuente: Adaptado de Ansys Help [Imagen], Ansys, 2019.

Los resultados obtenidos en el análisis FEA, tanto el esfuerzo equivalente de Vonn Mises y la deformación, siendo los valores más críticos:

- El máximo esfuerzo de Vonn Mises es de 236.34 Mpa.
- La deformación máxima equivalente hallada es de 0.48 mm.

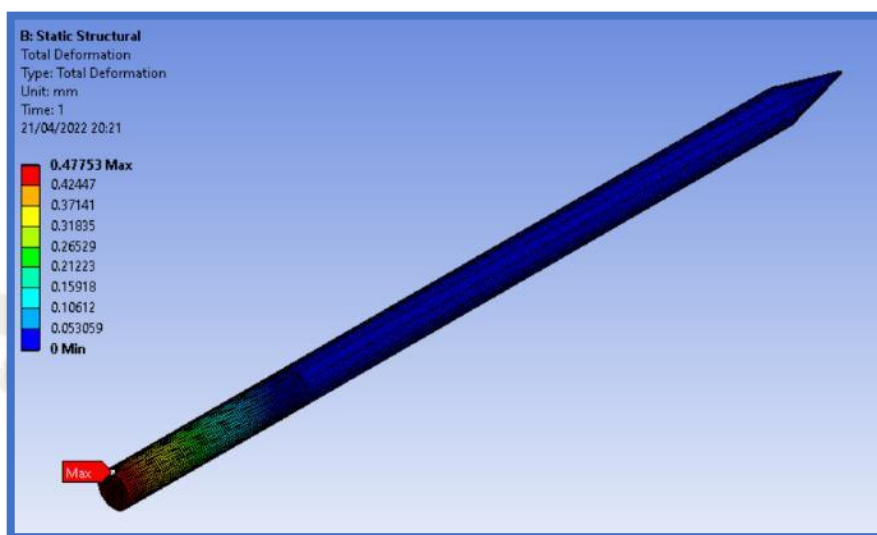


Figura 4.16 Deformación máxima equivalente encontrada 0.48mm

Fuente: Adaptado de Ansys Help [Imagen], Ansys, 2019.

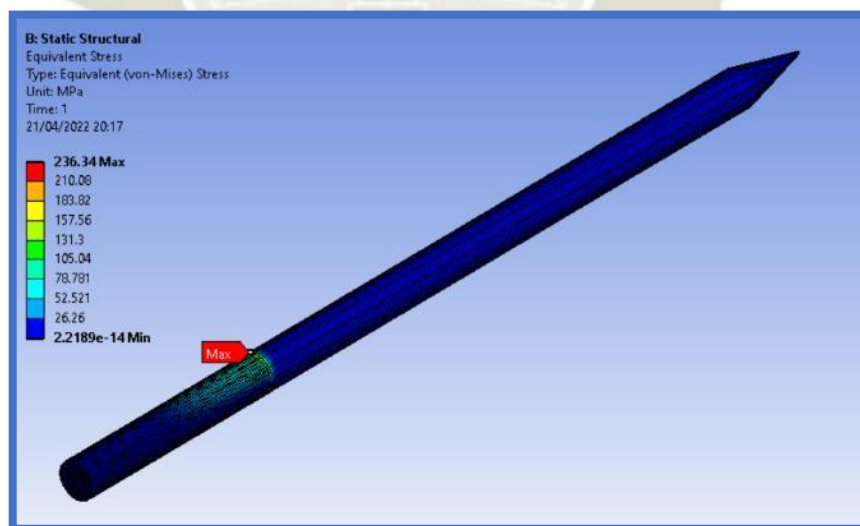


Figura 4.17 Esfuerzo máximo de Vonn Mises encontrado 236.34 Mpa

Fuente: Adaptado de Ansys Help [Imagen], Ansys, 2019.

4.6 COMPARATIVA DE H-H ENTRE AMBAS MODALIDADES DE MONTAJE

4.6.1 Transporte y Recepción de Estructuras en Zona de Montaje

El transporte de estructuras y pernos desde el almacén hasta la zona de montaje se requiere un total de 40 H-H para cada una de las modalidades de montaje, requiriendo el siguiente personal para la actividad:

Tabla 4.21 H-H para la actividad transporte y recepción de estructuras

ACTIVIDAD 1	CANTIDAD TRABAJADORES	HORAS	EQUIPO	MODALIDAD 1	MODALIDAD 2
				GRÚA TELESCOPICA	PLUMA Y WINCHE
				H-H	H-H
OPERADOR DE CAMIÓN GRUA 30 t	1	10	-	10	10
RIGGER	1	10	-	10	10
AYUDANTE M.	2	10	-	20	20
			TOTAL	40	40

Fuente: Elaboración Propia

4.6.2 Descarga y Transporte Manual de Elementos al Punto de Trabajo

Según la modalidad de montaje, en el área de trabajo tendremos acceso limitado por la distancia donde se localizan las torres de comunicación autosoportadas, por ende, se procederá a realizar el transporte manual de las estructuras hacia en punto de trabajo.

Tabla 4.22 H-H para la actividad descarga y transporte manual de elementos

ACTIVIDAD 2	CANTIDAD TRABAJADORES	PLUMA Y WINCHE	MODALIDAD 2
		HORAS	PLUMA Y WINCHE
			H-H
OPERARIO M.	5	10	50
OFICIAL M.	4	10	40
		TOTAL	90

Fuente: Elaboración Propia

4.6.3 Habilitación y Equipamiento Temporal

En esta actividad se requiere habilitar el área de montaje de acuerdo a las normativas en la parte de seguridad, requiriendo el siguiente personal para la actividad:

Tabla 4.23 H-H para la actividad habilitación y equipamiento temporal

ACTIVIDAD 3	CANTIDAD TRABAJADORES	GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE	MODALIDAD 1 GRÚA TELESCOPICA	MODALIDAD 2 PLUMA Y WINCHE
		HORAS	HORAS	H-H	H-H
OPERARIO M.	5	8	10	40	50
OFICIAL M.	4	8	10	32	40
		TOTAL		72	90

Fuente: Elaboración Propia

4.6.4 Selección de Piezas de Montaje en Campo

En esta tabla se visualiza las H-H y el personal requerido para la selección y clasificación de las estructuras según ambas modalidades de montaje:

Tabla 4.24 H-H para la actividad selección de piezas de montaje

ACTIVIDAD 4	CANTIDAD TRABAJADORES	GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE	MODALIDAD 1 GRÚA TELESCOPICA	MODALIDAD 2 PLUMA Y WINCHE
		HORAS	HORAS	H-H	H-H
OPERARIO M.	5	2	2	10	10
OFICIAL M.	4	2	2	8	8
AYUDANTE M.	2	2	2	4	4
		TOTAL		22	22

Fuente: Elaboración Propia

4.6.5 Pre-ensamble en Piso de Estructuras

En la modalidad 1 se requiere mayores números de horas porque el pre-ensamble se realizará por secciones y en la modalidad 2 por caras según el procedimiento de montaje en el capítulo 4.5.1, de acuerdo a los ratios de la tabla 9 las horas requeridas como mínimos serían las siguientes:

Tabla 4.25 H-H para la actividad pre-ensamble de estructuras

ACTIVIDAD 5	CANTIDAD TRABAJADORES	GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE	MODALIDAD 1 GRÚA TELESCOPICA	MODALIDAD 2 PLUMA Y WINCHE
		HORAS	HORAS	H-H	H-H
OPERARIO M.	5	12	8	60	40
OFICIAL M.	4	12	8	48	32
AYUDANTE M.	1	12	8	12	8
		TOTAL		120	80

Fuente: Elaboración Propia

4.6.6 Instalación de la Placa Base

Se inicia con las inspecciones de los pernos de anclaje y las elevaciones de la cimentación que estén alineados de acuerdo a los planos para luego seguir con la instalación de la placa base de acuerdo al capítulo 3.5.5.

Tabla 4.26 H-H para la actividad instalación de la placa base

ACTIVIDAD 6	CANTIDAD TRABAJADORES	HORAS	EQUIPO	MODALIDAD 1	MODALIDAD 2
				GRÚA TELESCOPICA	PLUMA Y WINCHE
				H-H	H-H
TOPÓGRAFO	1	6	ESTACIÓN TOTAL	6	6
AYUDANTE M.	1	6	-	6	6
TOTAL				12	12

Fuente: Elaboración Propia

4.6.7 Montaje de Torre de Comunicación

En la modalidad 2 se requiere mayores números de horas porque el montaje se realizará por cara y en la modalidad 1 por secciones según el procedimiento de montaje en el capítulo 4.5.1, de acuerdo a los ratios de la tabla 4.1 las horas requeridas como mínimos serían las siguientes de acuerdo al personal que se utilizará:

Tabla 4.27 H-H para la actividad montaje de torre de comunicación

ACTIVIDAD 7	CANTIDAD TRABAJADORES	GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE	MODALIDAD 1	MODALIDAD 2
				GRÚA TELESCOPICA	PLUMA Y WINCHE
		HORAS	HORAS	H-H	H-H
OPERARIO M.	5	3	15	15	75
OFICIAL M.	4	3	15	12	60
AYUDANTE M.	2	3	15	6	30
TOTAL				33	165

Fuente: Elaboración Propia

4.6.8 Montaje de la Estructura de los Paneles Solares

Esta actividad consiste en el montaje de la estructura de los paneles más sus respectivos equipos, en la tabla 9 se obtuvieron las H-H necesarias según los ratios de montaje para ambas modalidades, la siguiente tabla nos muestra el personal mínimo requerido:

Tabla 4.28 H-H para la actividad de montaje de la estructura de los paneles solares

ACTIVIDAD 8	CANTIDAD TRABAJADORES	GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE	MODALIDAD 1	MODALIDAD 2
		HORAS	HORAS	GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE
OPERARIO M.	5	4	5	20	25
OFICIAL M.	4	4	5	16	20
AYUDANTE M.	2	4	5	8	10
TOTAL				44	55

Fuente: Elaboración Propia

4.6.9 Verticalización de Torre de Comunicación:

Al realizar el trabajo de verticalización se debe tener en cuenta los parámetros en el ítem 3.3.3 para saber las máximas desviaciones permisibles según la norma de diseño, así mismo para esta actividad se ha utilizado las siguientes H-H y el personal mínimo requerido:

Tabla 4.29 H-H para la actividad de verticalización de torre de comunicación

ACTIVIDAD 9	CANTIDAD TRABAJADORES	GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE	EQUIPO	MODALIDAD 1	MODALIDAD 2
		HORAS	HORAS		GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE
TOPÓGRAFO	1	4	4	ESTACIÓN TOTAL	4	4
OFICIAL M.	3	4	4	-	12	12
AYUDANTE M.	2	4	4	-	8	8
TOTAL					24	24

Fuente: Elaboración Propia

4.6.10 Torque de Pernos

Considerando la cantidad de trabajadores que desempeñaran las actividades, los ratios obtenidos en la tabla 4.2 fue hecho de acuerdo al diámetro del perno y la cantidad de pernos a clasificados.

Tabla 4.30 H-H para la actividad de torque de pernos

ACTIVIDAD 10	CANTIDAD TRABAJADORES	GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE	MODALIDAD 1	MODALIDAD 2
				GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE
		HORAS	HORAS	H-H	H-H
OPERARIO M.	4	10	10	40	40
TOTAL				40	40

Fuente: Elaboración Propia

4.6.11 Realizar los Registros de Calidad y Liberación

Es esta actividad el ingeniero de calidad y el topógrafo se encargan de llenar todos los registros de calidad para su respectiva liberación, según la siguiente tabla nos detalla las H-H requeridas.

Tabla 4.31 H-H para la actividad registros de calidad

ACTIVIDAD 11	CANTIDAD TRABAJADORES	GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE	EQUIPO	MODALIDAD 1	MODALIDAD 2
					GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE
		HORAS	HORAS		H-H	H-H
TOPÓGRAFO	1	10	10	ESTACIÓN TOTAL	10	10
ING. CALIDAD	1	10	10	COMPUTADORA	10	10
TOTAL					20	20

Fuente: Elaboración Propia

4.6.12 Touch Up

Se realiza esta actividad de acuerdo al procedimiento de pintura aprobado, siguiendo los tiempos mínimos de espera entre capas, corroborando con los equipos pertinentes para sus mediciones necesarias de acuerdo a la ficha técnica del producto.

Tabla 4.32 H-H para la actividad touch up

ACTIVIDAD 12	CANTIDAD TRABAJADORES	GRÚA TELESCÓPICA	PLUMA Y WINCHE	MODALIDAD 1 GRÚA TELESCOPICA	MODALIDAD 2 PLUMA Y WINCHE
		HORAS	HORAS	H-H	H-H
OPERARIO M.	5	13	13	65	65
OFICIAL M.	4	13	13	52	52
AYUDANTE M.	2	13	13	26	26
TOTAL				143	143

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente tabla nos muestra el resumen de las actividades de ambas modalidades de montaje.

Tabla 4.33 Resumen de actividades

RESUMEN COMPARATIVO DE ACTIVIDADES		
ACTIVIDAD	MODALIDAD 1: GRÚA TELESCOPICA	MODALIDAD 2: PLUMA Y WINCHE
	H-H	H-H
Transporte	40	40
Habilitación	72	90
Selección de Piezas de Montaje	22	22
Pre-ensamble en piso	120	80
Instalación de la Placa Base	12	12
Montaje de Torre de Comunicación	33	165
Montaje de la Estructura de los Paneles Solares	44	55
Verificar la Verticalización	24	24
Torqueo de Pernos	40	40
Touch Up	143	143
Registros de Calidad	20	20
TOTAL, H-H	407	528

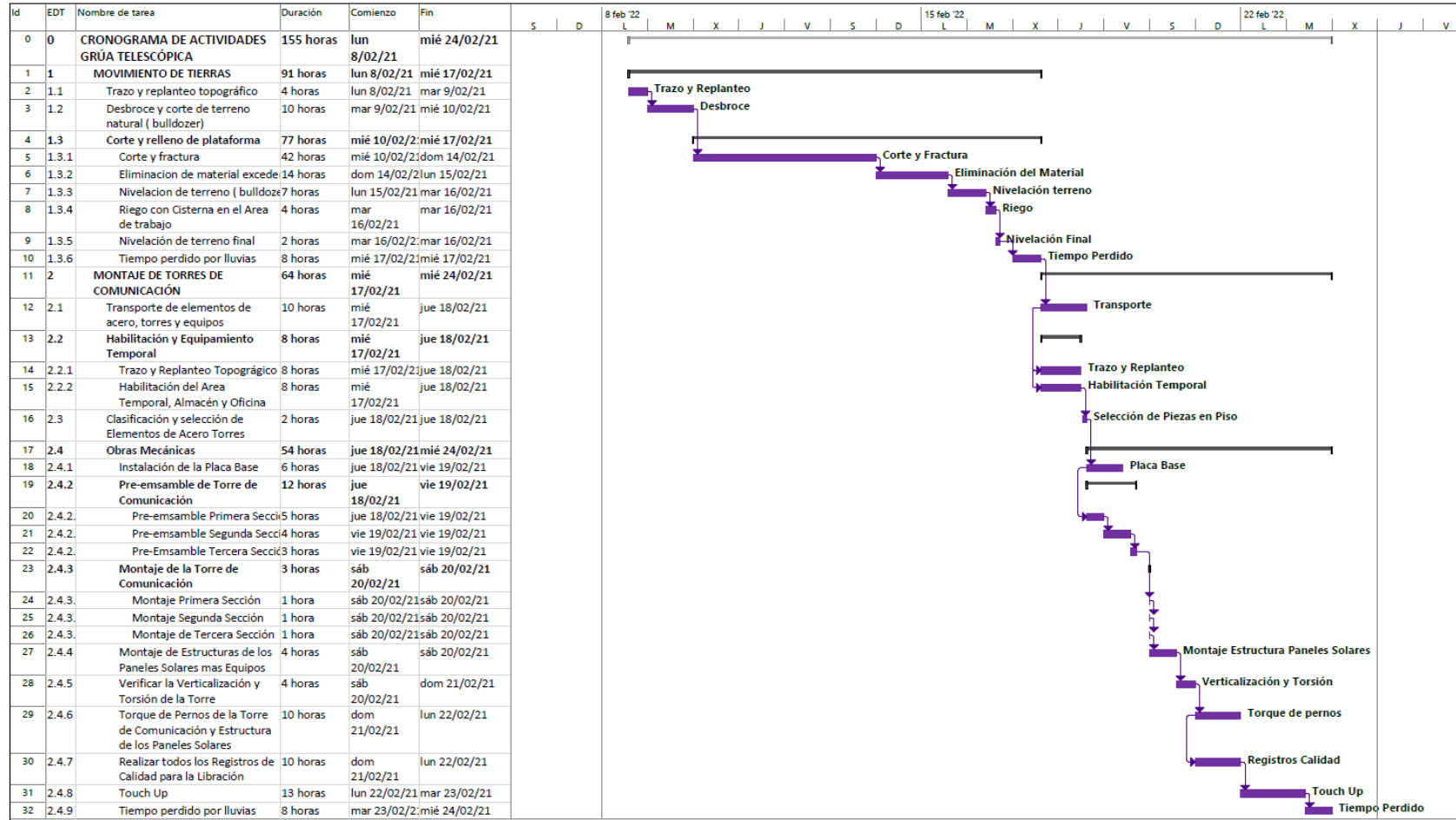
Fuente: Elaboración Propia

4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Las siguientes figuras nos muestra los días aproximados por cada modalidad de montaje aproximadamente que se requiere para el montaje de las torres de comunicación autosoportadas.

4.7.1 Cronograma de actividades de Modalidad 1: Grúa Telescópica

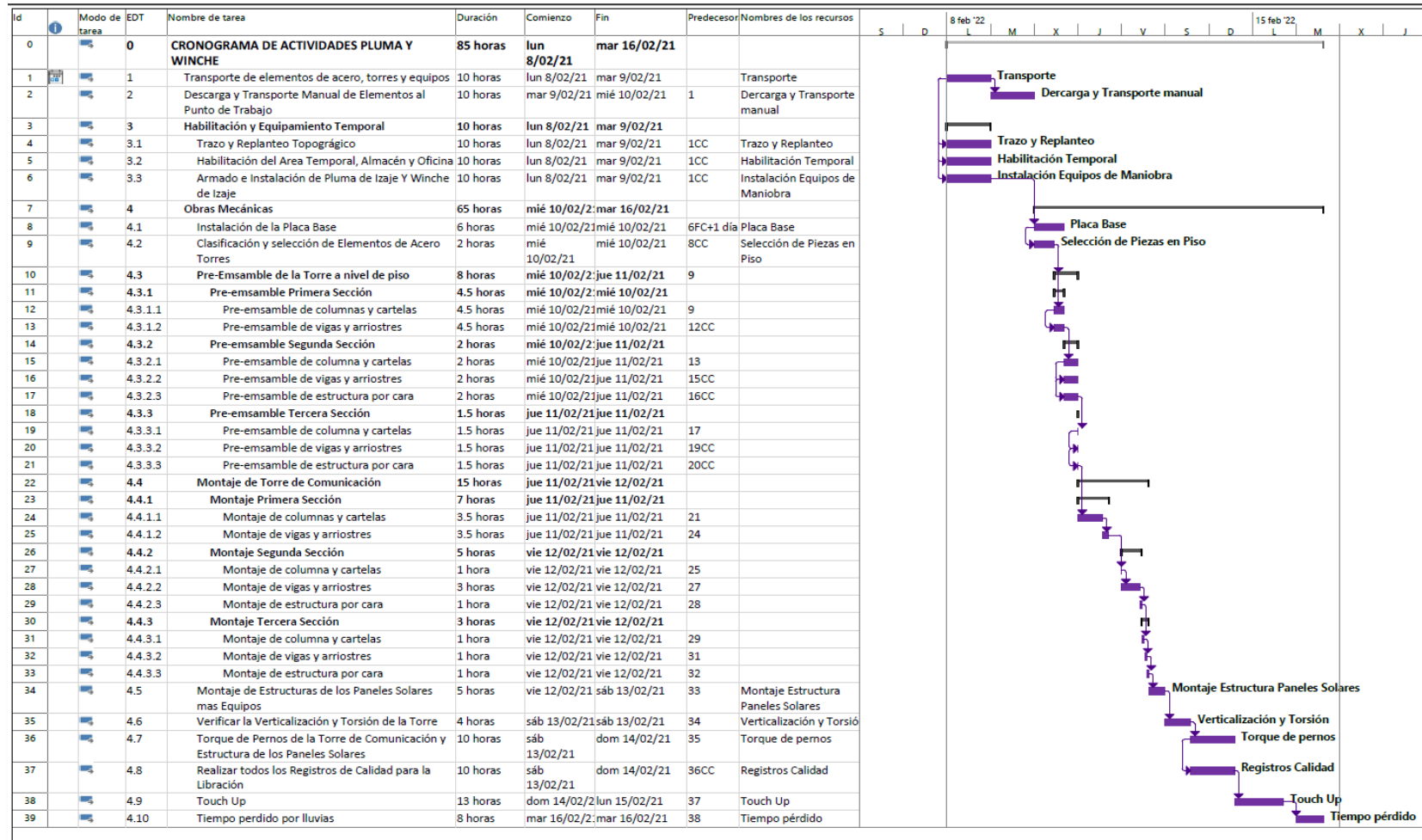
Tabla 4.34 Cronograma de actividades de la modalidad 1



Fuente: Elaboración Propio

4.7.2 Cronograma de Actividades Modalidad 2: Pluma y Winche de Izaje

Tabla 4.35 Cronograma de actividades de la modalidad 2



Fuente: Elaboración Propio

4.8 HISTORIAL METEOROLÓGICO

El clima es uno de los factores muy importantes para este proyecto porque no se puede realizar trabajos críticos mientras suceda tormentas eléctricas, nieve y llueva por ende son tiempos improductivos donde el personal no realizaría ninguna actividad, se tiene que considerar estos tiempos en el cronograma de actividades. Según los reportes meteorológicos de Quellaveco 2021, se tiene la siguiente información:



Figura 4.18 Clima de Quellaveco-2021

Fuente: Adaptado de *Mejor Época para Viajar, Tiempo y Clima Quellaveco [Imagen], Cuandovisitar.pe*.

Se muestra el tiempo perdido por día, considerando la salida de sol y horas de sol por día para tener un aproximado de las horas muertas del personal.

Tabla 4.36 Tiempo perdido por mes aproximadamente

MES	SALIDA SOL	HORAS SOL	HORA DE LLUVIA	HORA SALIDA	TIEMPO PERDIDO
ENERO	05:20	11:00	16:20	17:00	00:40
FEBRERO	05:37	10:00	15:37	17:00	01:09
MARZO	05:45	10:00	15:45	17:00	01:05
ABRIL	05:51	10:00	15:51	17:00	01:09
MAYO	05:59	08:00	13:59	17:00	03:01
JUNIO	06:09	08:00	14:09	17:00	02:51
JULIO	06:12	07:00	13:12	17:00	03:48
AGOSTO	06:00	08:00	14:00	17:00	03:00
SETIEMBRE	05:37	10:00	15:37	17:00	01:23
OCTUBRE	05:13	10:00	15:13	17:00	01:47
NOVIEMBRE	04:59	11:00	15:59	17:00	01:01
DICIEMBRE	05:03	12:00	17:03	17:00	00:00

Fuente: Elaboración Propia

4.9 ANÁLISIS SOBRE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOS RENDIMIENTOS DE LOS EQUIPOS

4.9.1 Generalidades

Excavación masiva en terreno común es el retiro del material con equipos pesados, excavadoras, retroexcavadoras, tractor de oruga, respecto al material de excavación o material de corte en el proyecto de Quellaveco este es considerado como un material conglomerado entre roca, material de relleno y material semirocoso fracturado, en tal sentido los equipos a utilizar en las excavaciones proyectadas son excavadoras 320 equipadas con cucharón las mismas que no tendrán problemas en el retiro del material de corte.

Cuando se trate de roca tipo I, II, III y terrenos duros debido a las formaciones geológicas, se debe utilizar una excavadora equipada con un martillo hidráulico accionado a base de hidrogeno.

4.9.2 Plataformado y Talud

Los taludes que conformara de la excavación para la instalación de las torres, estos deben de ser diseñadas de manera correcta con inclinaciones adecuadas, de esta manera evitar derrumbes, deslizamientos que pueda comprometer la inclinación final del talud, los cuales serán perfilados y des quinchados de manera que no queden rocas sueltas con posibles caídas de material.

La excavación de la base de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar la configuración del plataformado tampoco debe quedar material suelto, bolsones y protuberancias.

4.9.3 Control de Calidad durante la Excavación:

La compactación y su control de densidad: Se tomará una muestra a cada 800 m2 y esta se realizará en situ.

Perfilado y la nivelación del talud: Se utiliza una regla de 3 m de longitud la misma que se apoyará sobre el talud conformado y se procederá a medir en diferentes puntos del talud debe de ser uniforme, respecto a la elevación y altura del talud esta información lo determina el topógrafo del proyecto.

4.9.4 Compactación y Rellenos

En el proyecto esta considerado rellenos de tipo C, dicho material es el mismo que es retirado de la excavación y será utilizado como relleno en caminos y plataformas de las áreas de montaje.

El tamaño de roca a utilizar será de 30" de diámetro como máximo, con excepción de los 30 cm superiores será con material fino producto de la excavación, estas plataformas serán diseñados para el tránsito de maquinarias y vehículos e instalación de las torres.

El relleno proyectado de clase C se construirá por diferentes capas, y estas deben de cumplir un espesor no menor de 1 m. de altura este material se ubicará en la parte central de la plataforma a construir, de tal manera que todo el material sea distribuido en toda la superficie y los bordes del talud a conformar, los equipos que realizaran el trabajo son bulldozers.

Una vez distribuida las capas de material se procederá al regado de la superficie con agua no potable y no contaminada previa aprobación de un análisis químico, luego se procederá a la compactación del terreno con la utilización de rodillos compactadores al menos 5 ciclos de pasadas de forma homogénea en la parte superior del área a compactar, el traslape de las capas horizontales deberá cumplir el 25 % entre capa y capa.

4.10 EQUIPO A UTILIZAR EN LA PLATAFORMA TEMPORAL

4.10.1 Excavadora Hidráulica 320D2

El análisis está enfocado principalmente al tiempo que se requiere las siguientes maquinarias a realizar los trabajos.

De la tabla 40 se puede extraer:

- Tiempo de un ciclo

$$T = 0.23 \text{ min} = 13.8 \text{ s}$$

- Capacidad del cucharón

$$Q = 1.05 \text{ yd}^3 = 0.8 \text{ m}^3$$

Tabla 4.37 Estimación del tiempo del ciclo

Model		320D RR, 321D CR, 323DZ	324D	328D LCR	329D	336D	349D2, 349E, 349F	365C L	385C
Bucket Size	L	800	800	1000	N/A	1100	1400	2400	3760
	yd ³	1.05	1.05	1.31	N/A	1.44	1.83	3.0	5.0
Soil Type					Hard Clay				
Digging Depth	m	2.3	2.3	3.2	N/A	3.2	3.4	4.0	4.2
	ft	8	8	10	N/A	10	11	13	14
Load Bucket	min	0.09	0.09	0.09	N/A	0.09	0.09	0.13	0.10
Swing Loaded	min	0.06	0.06	0.06	N/A	0.06	0.07	0.07	0.09
Dump Bucket	min	0.03	0.03	0.04	N/A	0.04	0.04	0.02	0.04
Swing Empty	min	0.05	0.05	0.06	N/A	0.06	0.07	0.06	0.07
Total Cycle Time	min	0.23	0.23	0.25	N/A	0.25	0.27	0.28	0.35

N/A = Not Applicable

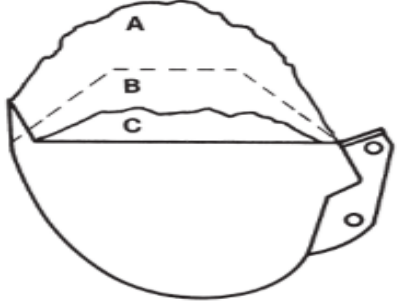
Fuente: Adaptado de Manual de Rendimiento Caterpillar 49 [Imagen], Caterpillar,

- Rendimiento de la Máquina

$$E = \frac{50 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 0.83$$

Tabla 4.38 Rango del factor de llenado

Material	Fill Factor Range (Percent of heaped bucket capacity)
Moist Loam or Sandy Clay	A — 100-110%
Sand and Gravel	B — 95-110%
Hard, Tough Clay	C — 80-90%
Rock — Poorly Blasted	40-50%



Fuente: Adaptado de Manual de Rendimiento Caterpillar 49 [Imagen], Caterpillar.

Se procede a calcular el número de ciclos según las condiciones de trabajo:

$$NC = \frac{\text{Minutos efectivos por hora}}{\text{Tiempo de un ciclo}}$$

$$NC = \frac{60 \text{ min} \times E}{T}$$

$$NC = \frac{60 \text{ min} \times 0.83}{0.23 \text{ min}}$$

$$NC = 216.52 \frac{\text{Ciclos}}{\text{Hora}}$$

Se hallar la capacidad real del cucharón con la siguiente fórmula:

$$CR = \text{Capacidad nominal} \times \text{Factor de carga}$$

$$CR = 0.8 \times 0.5$$

$$CR = 0.4 \text{ m}^3$$

Cálculo del rendimiento real por hora:

$$R = NC \times CR$$

$$R = 216.52 \frac{\text{Ciclos}}{\text{Hora}} \times 0.4 \text{ m}^3$$

$$R = 86.61 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

El consumo de combustible se escogió high, de acuerdo al Manual de Rendimiento de Caterpillar donde consta de 3 rangos de trabajo según la aplicación del equipo:

Tabla 4.39 Consumo de combustible por hora

EXCAVATORS						
Model	Low		Medium		High	
	liter	U.S. gal	liter	U.S. gal	liter	U.S. gal
MHE D SERIES						
300.9D	0.9-1.4	0.24-0.35	1.4-1.8	0.35-0.47	1.8-2.3	0.47-0.59
301.7D	0.9-1.4	0.24-0.35	1.4-1.8	0.35-0.47	1.8-2.3	0.47-0.59
301.7D CR	0.9-1.4	0.24-0.35	1.4-1.8	0.35-0.47	1.8-2.3	0.47-0.59
302.4D	1.2-1.8	0.31-0.47	1.8-2.4	0.47-0.62	2.4-3.0	0.62-0.78
302.7D CR	1.2-1.8	0.31-0.47	1.8-2.4	0.47-0.62	2.4-3.0	0.62-0.78
MHE E SERIES						
303E CR ¹	1.1-2.3	0.3-0.6	2.3-3.4	0.6-0.9	3.4-4.5	0.9-1.2
303.5E CR ¹	1.4-2.8	0.4-0.7	2.8-4.3	0.7-1.1	4.3-5.7	1.1-1.5
303.5E2 CR ²	1.1-2.2	0.3-0.6	2.2-3.3	0.6-0.9	3.3-4.4	0.9-1.2
304E2, 305E2 ¹	1.7-3.4	0.4-0.9	3.4-5.1	0.9-1.3	5.1-6.7	1.3-1.8
304E2 CR, 304.5E2 CR XTC ¹	1.7-3.4	0.4-0.9	3.4-5.1	0.9-1.3	5.1-6.8	1.3-1.8
305.5E2 ¹	1.8-3.6	0.5-0.9	3.6-5.3	0.9-1.4	5.3-7.1	1.4-1.9
305E2 CR ²	1.7-3.4	0.4-0.9	3.4-5.1	0.9-1.3	5.1-6.8	1.3-1.8
305.5E2 CR ²	1.7-3.4	0.4-0.9	3.4-5.1	0.9-1.4	5.1-6.8	1.4-1.8
307E2 ¹	2.2-4.4	0.5-1.2	4.4-6.6	1.5-1.7	6.6-8.7	1.7-2.3
308E2, 308E2 VAB ¹	2.7-5.4	0.7-1.4	5.4-8.0	1.4-2.1	8.0-10.7	2.1-2.8
306E, 307E ¹	2.3-4.6	0.6-1.2	4.6-6.8	1.2-1.8	6.8-9.1	1.8-2.4
306.5E ¹	2.0-4.0	0.5-1.1	4.0-6.0	1.1-1.6	6.0-8.0	1.6-2.1
308E ¹	2.9-5.7	0.8-1.5	5.7-8.6	1.5-2.3	8.6-11.5	2.3-3.0
HEX D SERIES						
311D RR ¹ (STD C4.2 ACERT TM)	3.5-6.5	0.9-1.7	6.5-9.5	1.7-2.5	9.5-12.8	2.5-3.4
312D ¹ (STD C4.2 ACERT)	4.0-7.5	1.1-2.0	7.5-11.5	2.0-3.0	11.5-15.2	3.0-4.0
312D ¹ (ECO C4.2 ACERT)	3.6-6.8	1.0-1.8	6.8-10.4	1.8-2.7	10.4-13.7	2.7-3.6
315D ¹ (STD C4.2 ACERT)	5.0-9.5	1.3-2.5	9.5-14.5	2.5-3.8	14.5-19.2	3.8-5.1
315D ¹ (ECO C4.2 ACERT)	4.5-8.6	1.2-2.3	8.6-13.1	2.3-3.5	13.1-17.3	3.5-4.6
319D ¹ (STD C4.2 ACERT)	5.5-10.5	1.5-2.8	10.5-15.5	2.8-4.1	15.5-21.0	4.1-5.5
323D2 ¹ (STD C4.2 ACERT)	5.4-13.5	1.4-3.6	13.5-18.9	3.6-5.0	18.9-27.0	5.0-7.1
323D2 ¹ (HHP Unity)	5.4-13.5	1.4-3.6	13.5-18.9	3.6-5.0	18.9-27.0	5.0-7.1

Fuente: Adaptado de Manual de Rendimiento Caterpillar 49 [Imagen], Caterpillar.

Tabla 4.40 Datos acerca la excavadora hidráulica

CARACTERÍSTICAS DE LA EXCAVADORA HIDRÁULICA			
Potencia	166 HP	Marca	Caterpillar
Capacidad del cucharón al 100%	0.8 m ³	Modelo	320D2
DIMENSIONES DEL TERRENO			
Largo	30 m	Altura	6 m
Ancho	15 m	Volumen	1350 m ³
HORAS DE TRABAJO DEL EQUIPO			
Horas de trabajo martillo hidráulico	5 h	Horas/ Día	10 h
Horas de trabajo de excavadora Hidráulica	2 h	Rendimiento de la excavadora	86.61 m ³ /h
Horas de cambio del martillo hidráulico	1 h	Horas totales	56 h
Consumo de combustible x hora	7 gal	Días de trabajo aproximadamente	9.1 días
Consumo total de combustible	500 gal		

Fuente: Elaboración Propia

Según el Manual de Caterpillar nos da una tabla de estimación de producción como se muestra a continuación, para ingresar a la tabla se considera la capacidad del cucharón al 50% y el tiempo del ciclo de la excavadora seleccionada:

Tabla 4.41 Estimación de producción por hora de 60 min

Metros cúbicos por hora de 60 minutos*																						
TIEMPOS DEL CICLO CALCULADOS		CARGA ÚTIL ESTIMADA DEL CUCHARÓN** – METROS CÚBICOS DE MATERIAL SUELTO																			TIEMPOS DEL CICLO CALCULADOS	
Tiempo de ciclo		0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0	Ciclos por min	Ciclos por h
Segundos	Min																					
10,0	0,17																				6,0	360
11,0	0,18																				5,5	330
12,0	0,20	60	90	150	210	270															5,0	300
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1.080	4,5	270
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960	4,0	240
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840	3,5	210
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	594	630	720	3,0	180
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600	2,5	150
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480	2,0	120
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408	1,7	102
40,0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360	1,5	90
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312	1,3	78
50,0	0,83																				1,2	72

Fuente: Adaptado de Manual de Rendimiento Caterpillar 49 [Imagen], Caterpillar,

Según la capacidad de carga el cucharón es de 0.60 m³ porque el cucharón trabaja al 75% de su capacidad.

Tabla 4.42 Aproximación de producción según la capacidad del cucharón

Capacidad del Cucharón (m ³)	0.3	0.4	0.5
Estimación de Producción (m ³ /Hr)	84	99	130

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla anterior al iterar el rendimiento máximo según la tabla obtenidos son:

$$\text{Rendimiento máximo} = 99 \frac{m^3}{hr}$$

La tabla nos muestra la producción por cada 60 min, tomando una nueva eficiencia de trabajo de 50 min por cada hora tenemos:

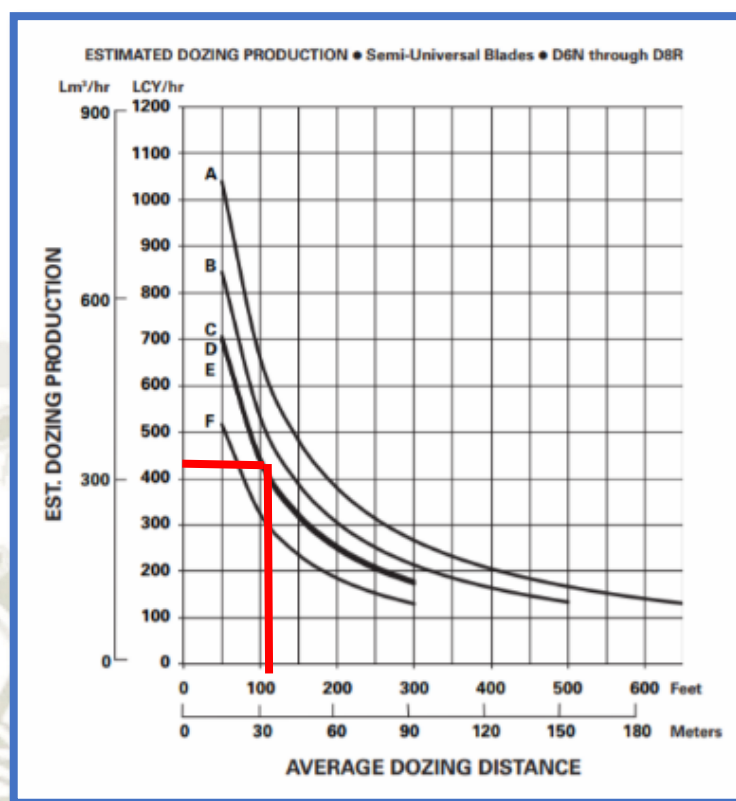
$$E = \frac{50 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 0.83$$

$$\text{Rendimiento} = 99 \frac{m^3}{hr} * 0.83 = 82.17 \frac{m^3}{hr}$$

4.10.2 Bulldozer D6R2 Modelo 6S

Según el Manual de Caterpillar nos da una tabla de estimación de producción como se muestra a continuación, para ingresar a la tabla se considera la distancia de explanación promedio y el modelo seleccionado.

Tabla 4.43 Estimación de producción de m³/Hr



Fuente: Adaptado de Manual de Rendimiento Caterpillar 49 [Imagen], Caterpillar.

El rendimiento aproximado es de

$$R = 320 \frac{m^3}{hr}$$

Tabla 4.44 Factores de corrección

TRACTOR DE CADENAS	
OPERADOR —	
Excelente	1,00
Promedio	0,75
Deficiente	0,60
MATERIAL —	
Apilado flojo	1,20
Difícil de cortar; congelado —	
con cilindro de inclinación	0,80
sin cilindro de inclinación	0,70
Difícil de correr; "muerto" (material seco sin cohesión) o material muy pegajoso	0,80
Rocas, desgarradas o tronadas	0,60 a 0,80
EXPANCIÓN DE MATERIAL	1,20
EXPLANACIÓN DE LADO A LADO	1,15 a 1,25
VISIBILIDAD —	
Polvo, lluvia, nieve, niebla u oscuridad	0,80
EFICIENCIA DEL TRABAJADOR	
H de 50 min	0,83
40 min/h	0,67
TRACTOR TOPADOR*	
El ajuste basado en la capacidad de SAE en relación con la hoja base utilizada en los gráficos de producción de explanación calculados.	
PENDIENTES: consulte el gráfico siguiente.	

Fuente: Adaptado de Manual de Rendimiento Caterpillar 49 [Imagen], Caterpillar.

Los factores de corrección obtenidos en la tabla anterior según las

$$Producción = Producción Máxima * Factores de Producción$$

$$Producción = 320 \frac{m^3}{hr} * 0.75 * 0.7 * 0.8 * 0.67$$

$$Producción = 90.048 \frac{m^3}{hr}$$

El consumo de combustible se escogió High, de acuerdo al Manual de Rendimiento de Caterpillar donde consta de 3 rangos de trabajo según la aplicación del equipo:

Tabla 4.45 Consumo de combustible por hora

FUEL CONSUMPTION TABLES AND LOAD FACTOR GUIDES						
TRACK-TYPE TRACTORS						
Model	Low		Medium		High	
	liter	U.S. gal	liter	U.S. gal	liter	U.S. gal
D3K2 ³	7.6	2.0	8.7	2.3	15.5	4.1
D4K2 ³	8.3	2.2	9.5	2.5	15.9	4.2
D5K2 ³	8.7	2.3	9.9	2.6	16.7	4.4
D3K2 ¹	6.8	1.8	7.6	2.0	15.2	4.0
D4K2 ¹	7.6	2.0	8.3	2.2	15.5	4.1
D5K2 ¹	8.0	2.1	8.7	2.3	15.9	4.2
D6K2 ³	9.1-12.0	2.4-3.2	12.0-16.6	3.2-4.4	16.6-22.9	4.4-6.1
D6K2 ¹	7.9-10.4	2.1-2.7	10.4-14.4	2.7-3.8	14.4-19.8	3.8-5.2
D5R2 ³	11.7-14.6	3.1-3.9	14.6-19.4	3.9-5.1	19.4-25.6	5.1-6.8
D6N ¹	8.9-12.0	2.4-3.2	12.0-15.8	3.2-4.2	15.8-22.4	4.2-5.9
D6R (130 kW/175 hp)	13.2-18.9	3.5-5.0	18.9-24.6	5.0-6.5	24.6-30.3	6.5-8.0
D6R (145 kW/195 hp)	14.8-21.2	3.9-5.6	21.2-27.3	5.6-7.2	27.3-33.7	7.2-8.9
D6T (138 kW/185 hp)	15.5-22.3	4.1-5.9	22.3-28.8	5.9-7.6	28.8-35.6	7.6-9.4
D6T ¹	15.0-21.3	4.0-5.6	21.3-27.7	5.6-7.3	27.7-34.0	7.3-9.0
D7E ¹	13.6-19.3	3.6-5.1	19.3-25.2	5.1-6.7	25.2-31.8	6.7-8.4

Fuente: Adaptado de Manual de Rendimiento Caterpillar 49 [Imagen], Caterpillar.

4.10.3 Compactador de Suelo Vibratorio CS44

Los siguientes datos se extrae de la tabla

Tabla 4.46 Comparación de producción entre las condiciones supuestas y reales

	CONDICIONES	
	TABLA	REAL
Velocidad de Trabajo (Km/Hr)	6.4	4
Espesor de la Capa a Compactar (mm)	102	102
Número de Pasadas	4	6

Fuente: Elaboración Propia

- Velocidad de trabajo en Km/Hr

$$Fs = \frac{\text{Velocidad Real}}{\text{Velocidad de Tabla}}$$

$$Fs = \frac{4}{6.4} = 0.625$$

- Espesor de la capa a compactar en mm

$$Ft = \frac{\text{Espesor Real}}{\text{Espesor de Tabla}}$$

$$Fs = \frac{102}{102} = 1$$

- Número de Pasadas Requeridas

$$Fp = \frac{\text{Número de Pasada de Tabla}}{\text{Número de Pasada Real}}$$

$$Fp = \frac{4}{6} = 0.67$$

Tabla 4.47 Estimación de producción de compactador de suelo vibratorio CS44

En las tablas en esta sección se ofrecen cálculos de producción para las siguientes condiciones supuestas:
 Velocidad de desplazamiento nominal de la máquina: 6,4 km/h (4,0 mph)
 Superposición del ancho de rodadura: 15,2 cm (6,0")

Los valores en la tabla ofrecen índices de producción **representativos** para tres condiciones de construcción comunes: zanjas, caminos y zonas amplias (> 15 m, o 50').

Modelo	Ancho del tambor		Espesor de levantamiento		Pasadas requeridas	Cálculos de producción			
	cm	"	cm	"			Zanja de 3,7 m (12')	Cese del camino de 9,15 m (30')	Zonas amplias
CS423E, CS44	167,6	66	10,2	4	4	m ³ /h	159	249	249
CS533E, CS54, CS56, CS54B, CS56B, CS64B, CS66B	213,4	84	15,2	6	6	yd ³ /h	209	326	326
						m ³ /h	239	299	324
CS64 CS68B	213,4	84	15,2	6	5	yd ³ /h	313	391	424
						m ³ /h	—	373	405
CS74, CS74B	213,4	84	15,2	6	4	yd ³ /h	—	489	530
						m ³ /h	—	448	486
CS76 CS76B	213,4	84	15,2	12	6	yd ³ /h	—	587	636
						m ³ /h	—	598	648
CS76 XT, CS78B	213,4	84	15,2	12	4	yd ³ /h	—	782	848
						m ³ /h	—	896	972
CP44	167,6	66	15,2	6	6	yd ³ /h	—	1.174	1.272
						m ³ /h	159	199	249
CP533E, CP54, CP56, CP54B, CP56B	213,4	84	30,5	12	6	yd ³ /h	209	261	326
						m ³ /h	478	478	647
CP76, CP68B, CP74B	213,4	84	30,5	12	6	yd ³ /h	626	626	847
						m ³ /h	—	598	648
						yd ³ /h	—	782	848

Fuente: Adaptado de Manual de Rendimiento Caterpillar 49 [Imagen], Caterpillar.

Se analizó todos los factores, condiciones de construcción y se optó por considerar nuestro punto de trabajo como una zona amplia al localizarse en un cerro. El compactador de suelo vibratorio modelo CS44 se escogió para el trabajo a ejecutar, tomando los datos anteriormente mencionados los valores de producción según la tabla anterior serian:

$$R (Tabla) = 249 \frac{m^3}{Hr}$$

Dado que la velocidad, el espesor y el número de pasadas son diferentes a las condiciones de la tabla, debemos ajustar el cálculo con la siguiente fórmula:

$$R (Real) = R(Tabla) * Fs * Ft * Fp$$

$$R (Real) = 249 * 0.625 * 1 * 0.67$$

$$R (Real) = 104.269 \frac{m^3}{Hr}$$

Se considera un coeficiente de Reducción del 80%

$$R (Real) = 104.269 \frac{m^3}{Hr} * 0.8$$

$$R (Real) = 83.42 \frac{m^3}{Hr}$$

El consumo de combustible se escogió High, de acuerdo al Manual de Rendimiento de Caterpillar donde consta de 3 rangos de trabajo según la aplicación del equipo:

Tabla 4.48 Consumo de combustible por hora

COMPACTION EQUIPMENT						
Model	Low		Medium		High	
	liter	U.S. gal	liter	U.S. gal	liter	U.S. gal
SOIL COMPACTORS						
CS-323C	8.0-13.0	2.0-3.5	11.0-15.0	3.0-4.0	11.0-19.0	3.0-5.0
CS34	4.9-6.1	1.3-1.6	6.1-9.1	1.6-2.4	9.1-12.9	2.4-3.4
CP-323C	8.0-13.0	2.0-3.5	11.0-15.0	3.0-4.0	11.0-19.0	3.0-5.0
CP34	4.9-6.1	1.3-1.6	6.1-9.1	1.6-2.4	9.1-12.9	2.4-3.4
CS-423E	4.5-6.4	1.2-1.7	6.4-9.5	1.7-2.5	9.5-12.9	2.5-3.4
CS-533E	5.7-9.5	1.5-2.5	9.5-13.2	2.5-3.5	13.2-17.0	3.5-4.5
CS533E	5.7-9.5	1.5-2.5	9.5-13.2	2.5-3.5	13.2-17.0	3.5-4.5
CS44	5.8-7.8	1.5-2.1	7.8-11.9	2.1-3.1	11.9-15.7	3.1-4.2
CS44B	6.1-7.2	1.6-1.9	7.2-11.0	1.9-2.9	11.0-15.5	2.9-4.1
CP44	5.8-7.8	1.5-2.1	7.8-11.9	2.1-3.1	11.9-15.7	3.1-4.2
CP44B	6.1-7.2	1.6-1.9	7.2-11.0	1.9-2.9	11.0-15.5	2.9-4.1

Fuente: Adaptado de Manual de Rendimiento Caterpillar 49 [Imagen], Caterpillar.

Tabla 4.49 Datos acerca del compactador de suelo vibratorio

CARACTERÍSTICAS DE LA COMPACTADOR DE SUELO VIBRATORIO			
Potencia	100.6 HP	Marca	Caterpillar
Velocidad Máxima de Trabajo	12.6 Km/Hr	Modelo	CS44
DIMENSIONES DEL TERRENO			
Largo	30 m	Altura	6 m
Ancho	15 m	Volumen	1350 m3
HORAS DE TRABAJO DEL EQUIPO			
Horas/ Dia	2 h	Rendimiento Compactador de Suelo	83.42 m3/h
Horas Totales	2 h	Días de Trabajo Aproximadamente	9.1 días
Consumo de Combustible x Hora	4.2 gal	Consumo Total de Combustible	20 gal

Fuente: Elaboración Propia


Capítulo 5

EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN COSTOS GENERADOS EN EL MONTAJE

En este capítulo se evaluará el impacto económico originado en ambas modalidades de montaje de torres autosoportadas, para ello se detallarán los costos en equipos, herramientas, combustible y alquileres utilizados en el proyecto, se realizó unas tablas comparativas para determinar cuál de las dos opciones se obtiene un mayor ahorro económico y como resultado mayor beneficio para la empresa.

Los datos obtenidos en este capítulo de los diferentes costos y alquileres son recientes y actualizados al 2021, se realizó tal investigación para obtener datos reales y poder aproximar los costos.

5.1 COSTOS PRINCIPALES RELACIONADOS EN EL MONTAJE DE TORRES

En esta parte de la tesis se realizará tablas comparativas de los beneficios que se podrá obtener realizando las diferentes modalidades de montaje que se detallaron en los capítulos anteriores.

5.1.1 Costo de Mano de Obra

Para la Empresa Contratista que está realizando el Montaje de las Torres de Comunicación Autosoportadas, las HH requeridas serán de acuerdo a la Tabla 40 por ende para convertir esta HH en beneficio económico es necesario saber el costo de HH los cuales han sido notificados a las áreas correspondientes. En la siguiente tabla se muestra los costos por HH clasificados por hora normal y hora extra, en el régimen de trabajo según la empresa se trabaja 10 horas diarias, por ende, se estaría trabajando diariamente 2 horas extras. Se calculó el precio unitario de H-H según el Decreto Legislativo 728 de la legislación peruana sobre la “Ley de Jornada de Trabajo, Horario y Trabajo en Sobretiempo” que nos especifica que las horas extras se paga con un 25% más del valor de la hora normal para las dos primeras horas, el pago mensual que se menciona es sueldo bruto.

Tabla 5.1 Costo de mano de obra

Mano de Obra	Cant.	Pago	Hora	Hora	Grúa	Pluma y	Grúa	Pluma y
		mensual	Normal	extra	telescópica	winche	telescópica	winche
		S./	S./ Hora	S./ Hora	HORAS	HORAS	S./	S./
Residente de obra	1	8000	38.10	47.62	64	85	2552.38	3390.48
Supervisor de calidad	1	5000	23.81	29.76	64	85	1595.24	2119.05
Supervisor de seguridad	1	5000	23.81	29.76	64	85	1595.24	2119.05
Asistente de ingeniería	1	3000	14.29	17.86	64	85	957.14	1271.43
Capataz	1	3500	16.67	20.83	64	85	1116.67	1483.33
Operario M.	5	3000	14.29	17.86	64	85	957.14	1271.43
Oficial M.	4	2500	11.90	14.88	64	85	797.62	1059.52
Ayudante M	2	2000	9.52	11.90	64	85	638.10	847.62
Rigger	1	3500	16.67	20.83	64	85	1116.67	1483.33
Op. Camión grúa	1	3500	16.67	20.83	64	85	1116.67	1483.33
Op. Grúa 35 t	1	4000	19.05	23.81	64	85	1276.19	0
Conductor camioneta	1	2500	11.90	14.88	64	85	797.62	1059.52
Conductor minibús	1	2500	11.90	14.88	64	85	797.62	1059.52
Topógrafo	1	3500	16.67	20.83	64	85	1116.67	1483.33
TOTAL							S/ 16,430.95	S/ 21,826.19

5.1.2 Costo de Herramienta

Así mismo se procede a detallar las herramientas más representativas para el montaje de las estructuras como son grilletes, tirfor, cables, cáncamos, etc. Estos costos se detallan a continuación con los precios unitarios:

Tabla 5.2 Costos de herramientas

Herramientas	Cant.	Und.	Precio unitario	Grúa telescópica	Pluma y winche
			S./	S./	S./
ACOPLE NEUMÁTICO 1/2"	4	unid.	65	260	260
MANGUERA AIRE	40	m.	6	240	240
SOGA NYLON 3/8"	100	m.	0.9	0	90
SOGA NYLON 1/2"	50	m.	1.3	0	65
CABLE 3/8"	70	m.	5.7	0	399
SOGA 1/2"	100	m.	1.9	0	190
DRIZA 1/8"	100	m.	0.25	0	25
ESCOBILLAS DE ACERO	4	unid.	2.54	10.16	10.16
LLAVE MIXTA Ø1 1/2"	2	unid.	95	190	190
LLAVES MIXTA Ø 19 MM	4	unid.	15	60	60
LLAVES MIXTA Ø 24 MM	8	unid.	27	216	216
LLAVES MIXTAS Ø 27 MM	8	unid.	45	360	360
POLEA DE ACERO 2TN 3/8"	2	unid.	423	0	846
ESLINGA 1 CAPAS 1"X3MX1T	2	unid.	35.1	0	70.2
ESLINGA 3 CAPAS 2"X3MX2T	8	unid.	120	960	0
ESLINGA 3 CAPAS 2"X3MX2T	4	unid.	120	480	480
TECLE RACHET 1.5 TN	4	unid.	552.24	0	2208.96
COMBAS ANTICHISPA COBRE 6LB	3	unid.	780	0	2340
COMBA TRUPER DE MADERA 20 LBS	1	unid.	175.5	0	175.5
COMBA ANTICHISPA BR-AL DE 22 LBS	1	unid.	2845	0	2845
DADOS REFORZADO NEGRO TUBULAR Ø 24 MM ENC. 3/4	6	unid.	117	702	702
DADOS REFORZADO NEGRO TUBULAR Ø 27 MM ENC. 3/4	2	unid.	130	260	260
DADOS REFORZADO NEGRO TUBULAR Ø 19 MM ENC. 3/4	6	unid.	117	702	702
TIRFOR 3 TN	4	unid.	1267.5	0	5070
PROTECTOR DE ESLINGA 2"	2	unid.	23	0	46
PROTECTOR DE ESLINGA 2"	8	unid.	23	184	0
ESCALERA DE 20 PELDAÑOS	1	unid.	1142.7	1142.7	1142.7
ACOPLES RAPIDOS HEMBRA Y MACHO	4	Jgo.	55	220	220
WINCHE 5 MTS	4	unid.	30	120	120
TACOS DE MADERA 4" X 4 " X 12"	40	unid.	15	0	600
CUARTON DE MADERA 4" X 4" X 3.20 M	2	unid.	70	0	140
CABLE 1/4"	100	m.	3.9	0	390
GRAPA PARA CABLE 1/4"	16	unid.	11	0	176

ANEMÓMETRO MULTIFUNCIÓN	1	unid.	383	383	383
GUARDACABOS REFORZADO OJO GRANDE 1/4"	10	unid.	6	0	60
GRILLETES 5/8"	8	unid.	60	0	480
GRILLETES 1"	1	unid.	120	120	120
DRIZA 1/4	50	m.	0.7	35	35
CÁNCAMOS	8	unid.	150	0	1200
ESTROBOS	8	unid.	50	0	400
BOLSA PORTA HERRAMIENTA	4	unid.	20	0	80
PUNZÓN	4	unid.	30	0	120
PALANCA RACHET CON ENCASTRE DE 1/2"	6	unid.	48	288	288
DADO TUBULAR 27MM ENC: 1/2"	3	unid.	115	345	345
DADO TUBULAR 32MM ENC: 1/2"	3	unid.	128	384	384
BARRETA	1	unid.	70	0	70
DADO TUBULAR 19MM ENC: 1/2"	3	unid.	81	243	243
			TOTAL	S/ 7,904.86	S/ 24,847.52

Fuente: Elaboración Propia

Estos costos serán utilizados para la comparativa en ambas modalidades para visualizar el ahorro.

5.1.3 Costo de Equipos de Protección Personal

Así mismo se procede a detallar los EPP más representativas para el montaje de las estructuras como son lentes, camisa, pantalón, zapatos, etc.

Tabla 5.3 Costo de epp

Cantidad de personal modalidad 1		22			
Cantidad de personal modalidad 2		21			
Modalidad de Montaje		Grúa telescópica		Pluma y winche	
EPP	Precio unitario S./	Cantidad UNID.	Precio total S./	Cantidad UNID.	Precio total S./
CAMISA	55	32	1760	30	1650
PANTALÓN	42	32	1344	30	1260
CHOMPA JORGE CHAVEZ	29	22	638	21	609
LENTES BLANCOS	3.8	22	83.6	21	79.8
LENTES NEGROS	3.8	44	167.2	42	159.6
CASCO	44	22	968	21	924
MASCARILLA	1	132	132	168	168
TAPONES AUDITIVOS	1	44	44	42	42
BARBIQUEJO	1.2	22	26.4	21	25.2
ZAPATOS DE SEGURIDAD	50	22	1100	21	1050
CORTAVIENTO	13	22	286	21	273

CHALECO NARANJA (SUPERVICIÓN)	50	10	500	10	500
CHALECO AZUL (RIGGER)	50	2	100	2	100
CHALECO VERDE(SEGURIDAD)	50	2	100	2	100
BOTAS DE JEBE	72	22	1584	21	1512
CINTA ANTITRAUMA	160	1	160	5	800
LINEA DE VIDA DUAL CON GANCHO	247	4	988	4	988
ESTROBO DE POSICIONAMIENTO	114.7	4	458.8	4	458.8
ARNES DE SEGURIDAD CON 4 ANILLOS CON FAJA LUMBAR	258.11	4	1032.44	4	1032.44
FAJA CONECTORA DE ANCLAJE	97	4	388	4	388
ARNES PARA RIGGER	173.3	1	173.3	1	173.3
BLOCK RETRACTIL 3M	470	1	470	1	470
BLOCK RETRACTIL 6M	656	0	0	4	2624
RESPIRADOR DE SILICONA	135	22	2970	21	2835
FILTRO 6003	53.81	22	1183.82	21	1130.01
GUANTES MULTIFLEX	3.5	22	77	21	73.5
			TOTAL	S/ 16,734.56	TOTAL S/ 19,425.65

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4 Costo en el Área de Seguridad

Así mismo se procede a detallar los costos de equipos y herramientas en el área de Seguridad más representativas para el montaje de las estructuras como son cintas, alcohol, lejía, formatos, etc. Estos costos se detallan a continuación con los precios unitarios:

Tabla 5.4 Costo en el área de seguridad

Seguridad	Cant.	Und.	Precio unitario	Grúa telescópica	Pluma y winche
			S./	S./	S./
CINTA DE SEGURIDAD PELIGRO COLOR AMARILLO 5"	3	roll.	24.78	74.34	74.34
CINTA DE SEGURIDAD PELIGRO COLOR ROJO 5"	3	roll.	24.78	74.34	74.34
CONO DE SEGURIDAD COLOR NARANJA	70	unid.	21.83	1528.1	1528.1
BLOQUEADOR	2	unid.	123.9	247.8	247.8
BARRA RETRACTIL PARA CONOS ROJA	70	unid.	14.75	1032.5	1032.5
BARRA RETRACTIL PARA CONOS AMARILLA	70	unid.	14.16	991.2	991.2
FORMATOS	1	unid.	563.3	563.3	563.3
ALCOHOL 70° MÁS PULVERIZADOR	10	unid.	12.5	125	125
BIDÓN DE ALCOHOL 70° 20 LTS	1	unid.	160	160	160
CINTA AISLANTE DEL MES	5	unid.	2.5	12.5	12.5
HOJAS BOND A-4	1	unid.	10.5	10.5	10.5
TARJETAS ENMICADAS	1	unid.	246.7	246.7	246.7
BANDEJA ANTIDERRAME	4	unid.	100	400	400
CINTA REFLECTIVA PARA CONOS	70	unid.	2.48	173.6	173.6
LEJÍA DARIZA	1	gl.	10	10	10

JABON LÍQUIDO	1	gl.	24	24	24
DISPENSADORES	4	unid.	7	28	28
ALCOHOL EN GEL	1	gl.	65	65	65
CAJA METÁLICA PARA EXTINTOR	2	unid.	135	270	270
BOTIQUIN	1	unid.	59	59	59
CAMILLA	1	unid.	230	230	230
COLLARIN	1	unid.	489	489	489
LAVAOJOS	1	unid.	120	120	120
FÉRULA DE MADERA	4	unid.	112	448	448
KIT ANTIDERRAME	1	unid.	400	400	400
KIT DE RESCATE SURETYMAN CON PÉRTIGA	1	unid.	8369.4	8369.4	8369.4
IMPRESORA CANON	1	unid.	650	650	650
TACHOS DE COLORES	6	unid.	75	450	450
TERMÓMETRO	1	unid.	90	90	90
MEGÁFONO	1	unid.	80	80	80
			TOTAL	S/ 17,422.28	S/ 17,422.28

Fuente: Elaboración Propia

5.1.5 Costo de Equipos Menores

Así mismo se procede a detallar los costos de equipos menores más representativas para el montaje de las estructuras como son compresora, esmeril, pistola de impacto, winche de izaje, etc.

Estos costos se detallan a continuación con los precios unitarios.

Tabla 5.5 Costos de equipos menores

Modalidades de Montaje		Grúa telescópica		Pluma y winche	
Equipos	Precio unitario S./	Cantidad Unid.	Precio total S./	Cantidad Unid.	Precio total S./
COMPRESORA 10HP	7800	2	15600	2	15600
ESMERIL 4 1/2" DEWALT	450	1	450	1	450
ESMERIL 7" DEWALT	650	1	650	1	650
PISTOLA DE IMPACTO 3/4"	1973.4	2	3946.8	2	3946.8
GRUPO ELECTROGENO	18000	1	18000	1	18000
PISTOLA ELECTRICA 3/4"	1500	1	1500	1	1500
WINCHE DE IZAJE 5 TN	15000	0	0	1	15000
TORQUIMETRO	1700	1	1700	1	1700
		TOTAL	S/ 41,846.80	TOTAL	S/ 56,846.80

Fuente: Elaboración Propia

5.1.6 Costo de Alquiler Equipos Mayores

Así mismo se procede a detallar los alquileres de la Equipos Mayores más representativas para el montaje de las estructuras como son camión grúa 7 t, camioneta,

minibús, pluma de izaje, etc. Estos costos se detallan a continuación con los precios unitarios considerando un tipo de cambio 3.9 soles.

Tabla 5.6 Costo de alquiler equipos mayores

Equipo	Cant.	Día	Grúa telescópica	Pluma y winche	Grúa telescópica	Pluma y winche
		S/. Día	Días	Días	S./	S./
CAMIÓN GRÚA 7t	1	780	7	9	5460	7020
CAMIONETA	1	307	7	9	2149	2763
MINIBÚS RENAULT MASTER	1	295	7	9	2065	2655
GRÚA TELESCOPICA 35t	1	3705	7	0	25935	0
EQUIPO AIRLESS	1	100	7	9	700	900
PLUMA DE IZAJE	1	120	0	9	0	1080
				TOTAL	S/ 36,309.00	S/ 14,418.00

Fuente: Elaboración Propia

5.1.7 Costo de Combustible

Así mismo se procede a detallar los costó del consumo de combustible de Equipos Mayores más representativas para el montaje de las estructuras como son camión grúa 7 t, camioneta, minibús, grúa telescópica, etc. Estos costos se detallan a continuación con los precios unitarios:

Tabla 5.7 Costo de combustible

Combustible	Cant.	Precio galon	Grúa telescópica		Pluma y winche	
		S/. /Gl	Galones	S./	Galones	S./
CAMIONETA	1	20	50	1000	70	1400
GRÚA TELESCÓPICA 35TN	1	20	60	1200	0	0
CAMIÓN GRÚA 7TN	1	20	70	1400	70	1400
WINCHE DE IZAJE 5 TN	1	20	0	0	4	80
EQUIPO AIRLESS	1	20	3	60	4	80
MINIBÚS	1	20	70	1400	90	1800
				TOTAL	S/ 5,060.00	TOTAL S/ 4,760.00

Fuente: Elaboración Propia

5.1.8 Costo de Consumibles

Así mismo se procede a detallar los costó de Consumibles más representativas para el montaje de las estructuras como son pintura para el Touch Up, traje tyvet, thinner, etc.

Estos costos se detallan a continuación con los precios unitarios

Tabla 5.8 Costo de consumibles

Consumibles	Cant.	Und.	Precio unitario	Grúa telescópica	Pluma y winche
			S./	S./	S./
BROCHA 2"	4	unid.	6	24	24
BROCHA 4"	4	unid.	8	32	32
THINER	4	unid.	15	60	60
TRAJE TYVET	8	unid.	12	96	96
PINTURA JET PRIMER EPOXI	1	unid.	150	150	150
PINTURA JET 85 MP	1	unid.	150	150	150
PINTURA JETHANE 650 HS	1	unid.	150	150	150
TOTAL				S/ 662.00	S/ 662.00

Fuente: Elaboración Propia

En esta sección se da de conocer todos los alcances pertinentes con respecto al montaje de las estructuras de las Torres de Comunicación Autosoportadas. Se planteara a continuación todos los procedimientos y documentos que implican en la planificación del proyecto y a vez las actividades de cada área de control: respecto al tema de calidad se realizará su matriz de protocolización, en la actividad de construcción se elaborará los reportes de producción diario del montaje de las torres incluyendo los ratios y tiempos necesarios para dicho montaje, basándose en el rigging plant para sustentar todas las maniobras de izaje ejecutadas, y en el área de seguridad se realizará el procedimiento de rescate en altura, JSA (PETS) y política de medio ambiente.

5.2 COSTOS DE EXCAVACIÓN Y PLATAFORMADO

5.2.1 Costo de Mano de Obra

En la siguiente tabla se muestra los costos por HH clasificados por hora normal y hora extra, en el régimen de trabajo según la empresa se trabaja 10 horas diarias, por ende, se estaría trabajando diariamente 2 horas extras. Se calculó el precio unitario de HH según el Decreto Legislativo 728 de la legislación peruana sobre la “Ley de Jornada de Trabajo, Horario y Trabajo en Sobretiempo” que nos especifica que las horas extras se paga con un 25% más del valor de la hora normal para las dos primeras horas.

Tabla 5.9 Costo de mano de obra

Mano de Obra	Cant.	Pago mensual	Hora normal	Hora extra	Plataforma para la modalidad 1	
		S./	S./ Hora	S./ Hora	Horas	S./
RESIDENTE DE OBRA	1	8000	38.10	47.62	91	3638.10
SUPERVISOR DE SEGURIDAD	1	5000	23.81	29.76	91	2273.81
SUPERVISOR DE CALIDAD	1	5000	23.81	29.76	91	2273.81
ASISTENTE DE INGENIERÍA	1	3000	14.29	17.86	91	1364.29
CAPATAZ	1	3500	16.67	20.83	91	1591.67
OPERADOR DE EXCAVADORA	1	4000	19.05	23.81	91	1819.05
OPERADORA BULLDOZER	1	4000	19.05	23.81	91	1819.05
OPERADOR DE RODILLO COMPACTADOR	1	4000	19.05	23.81	91	1819.05
CONDUCTOR VOLQUETE 15 M3	3	3000	14.29	17.86	91	1364.29
CONDUCTOR CISTERNA 5000 GL	1	2500	11.90	14.88	91	1136.90
VIGÍAS	4	2000	9.52	11.90	91	909.52
					TOTAL	S/ 20,009.52

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2 Costo de Alquiler de Maquinaria

Así mismo se procede a detallar los costos de alquiler de equipos más representativos para el montaje de las estructuras como son excavadora, compactador, volquete, cisterna, etc. Estos costos se detallan a continuación con los precios unitarios:

Tabla 5.10 Costos de alquiler de maquinaria

Equipo	Cant.	Hora Normal	Plataforma para la modalidad 1	
		\$ /Hora	Horas	\$
CISTERNA 5000 GL	1	20	91	1820
VOLQUETE 15m3	3	40	91	10920
EXCAVADORA 320D2	1	60	91	5460
TALADRO HIDRAULICO	1	-	-	4000
CAMION CAMA BAJA	1	50	140	7000
BULLDOZER D6R2	1	50	91	4550
RODILLO COMPACTADOR CS44B	1	40	91	3640
			TOTAL	\$ 37,390.00

Fuente: Elaboración Propia

5.2.3 Costo de Combustible

Así mismo se procede a detallar los costos del consumo de combustible de equipos mayores más representativos para el montaje de las estructuras como son cisterna, excavadora, rodillo compactador, volquete. Estos costos se detallan a continuación con los precios unitarios:

Tabla 5.11 Costo de combustible

Equipo	Cant.	Precio galón	Plataforma para la modalidad 1	
		S/. /GI	Galones	S./
CISTERNA 5000 GL	1	20	80	1600
VOLQUETE 15m3	3	20	400	24000
EXCAVADORA 320D2	1	20	500	10000
BULLDOZER D6R2	1	20	150	3000
CAMIÓN CAMA BAJA	1	20	120	2400
RODILLO COMPACTADOR CS44B	1	20	20	400
TOTAL			S/ 41,400.00	

Fuente: Elaboración Propia

5.3 RESUMEN Y COMPARATIVA DE LAS DOS MODALIDADES DE MONTAJE

La siguiente tabla se enumeró todos los costos generados para el montaje realizando un cuadro comparativo de las ambas modalidades establecidas y verificando el ahorro que se obtiene al ejecutar la opción tradicional (grúa telescópica) y la nueva opción (pluma y winche de izaje), se consideró los tiempos estimados de ejecución como mínimos para cumplir con los objetivos y los ratios de montaje considerados en el capítulo 4.

Tabla 5.12 Resumen y comparativa de ambas modalidades en costos

COSTOS		Grúa telescópica		Pluma y winche	
		S./	USD	S./	USD
COSTOS PRINCIPALES	MANO DE OBRA	16430.95	4213.06	21826.19	5596.46
	HERRAMIENTAS	7904.86	2026.89	24847.52	6371.16

	EPP	16734.56	4290.91	19425.65	4980.94
	SEGURIDAD	17422.28	4467.25	17422.28	4467.25
	EQUIPOS	41846.80	10729.95	56846.80	14576.10
	ALQUILER	36309.00	9310.00	14418.00	3696.92
	COMBUSTIBLE	5060.00	1297.44	4760.00	1220.51
	CONSUMIBLES	662.00	169.74	662.00	169.74
COSTO EXCAVACIÓN Y PLATAFORMADO	MANO DE OBRA	20009.52	5130.65	0.00	0.00
	ALQUILER	145821.00	37390.00	0.00	0.00
	COMBUSTIBLE	41400.00	10615.38	0.00	0.00
	TOTAL	S/ 349,600.98	\$ 89,641.28	S/ 160,208.44	\$ 41,079.09

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a las herramientas utilizadas la opción 2 tuvo un gasto más notable con respecto a la 1 porque se requiere mayores herramientas para la instalación, verticalización y estabilización de la Pluma de Izaje y para el montaje se requiere un winche, cables, poleas de servicio y sogas.

Por otro lado, para ingresar la grúa telescópica al lugar del montaje y para el pre-ensamble de las estructuras en piso se requiere una plataforma mayor por eso se realizó tablas del costo de excavación y compactado de la plataforma.

Tabla 5.13 Ahorro al optar por cada modalidad

MODALIDADES	S./	USD
GRÚA TELÉSCOPICA	S/ 349,600.98	\$ 89,641.28
PLUMA Y WINCHE	S/ 160,208.44	\$ 41,079.09
AHORRO	S/ 189,392.54	\$ 48,562.19

Fuente: Elaboración Propia

Evaluando las dos opciones se puede indicar que la modalidad con pluma y winche se lograría un ahorro de S./189,562.19 nuevos soles.

Se realizó la siguiente tabla comparativa de planificación y costo, demostrando la eficiencia de ambas modalidades de montaje teniendo en cuenta todos los factores analizados.

Tabla 5.14 Comparativa en planificación y costos en ambas modalidades de montaje

	ACTIVIDADES	Modalidad 1: Grúa telescópica	Modalidad 2: Pluma y winche
		Horas	Horas
PLANIFICACIÓN	Excavación y Plataformado	91	0
	Transporte y Habilitación de Área	8	20

	Selección de Piezas de Montaje y Placa Base	2	2
	Preensamble en piso	12	8
	Montaje de Torre de Comunicación	3	15
	Montaje de la Estructura de los Paneles Solares	4	5
	Verificar la Verticalización	4	4
	Torqueo de Pernos y Registros de Calidad	10	10
	Touch Up	13	13
	Tiempo pérdida por Lluvias	8	8
	TOTAL HORAS	155	85
	TOTAL DIAS	15.5	8.5
		Modalidad 1: Grúa telescópica	Modalidad 2: Pluma y winche
	COSTOS PRINCIPALES	S./	S./
	MANO DE OBRA	S/ 16,430.95	S/ 21,826.19
	HERRAMIENTAS	S/ 7,904.86	S/ 24,847.52
	EPP	S/ 16,734.56	S/ 19,425.65
	SEGURIDAD	S/ 17,422.28	S/ 17,422.28
	EQUIPOS	S/ 41,846.80	S/ 56,846.80
	ALQUILER	S/ 36,309.00	S/ 14,418.00
	COMBUSTIBLE	S/ 5,060.00	S/ 4,760.00
	CONSUMIBLES	S/ 662.00	S/ 662.00
	COSTOS DE EXCAVACIÓN Y PLATAFORMADO		
	MANO DE OBRA	S/ 20,009.52	S/ 0.00
	ALQUILER	S/ 145,821.00	S/ 0.00
	COMBUSTIBLE	S/ 41,400.00	S/ 0.00
	TOTAL	S/ 349,600.98	S/ 160,208.44

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Al evaluar el estudio en costo y tiempo mediante una comparativa entre dos modalidades de montaje se determinó los siguientes resultados. En la modalidad 1 se obtuvo en costos un total de S/ 349,600.98 y en tiempo de montaje y plataformado de 15.5 días en cambio en la modalidad 2 se obtuvo en costos S/ 160,208.44 y en tiempo de montaje de 8.5 días (tabla 5.14).
- Se recopiló información de la documentación y se elaboró el plan de gestión en el área de seguridad y el procedimiento escrito de trabajo en el área de construcción. Para el área de calidad se mencionó la documentación requerida.
- Según el objetivo planteado se logró determinar que haciendo uso de la modalidad 2 se logra una disminución de 7 días con respecto a la modalidad 1.
- Se logró demostrar que el montaje de las estructuras por caras resulta ser más efectiva y segura al momento de preensamblar que por secciones lo que resulta siendo un aporte técnico tanto para el procedimiento como para la secuencia de montaje (subtítulo 4.5.1)
- Se elaboraron los sketches técnicos adecuados para plan de izaje en la propuesta planteada.
- Se seleccionaron los accesorios y elementos de izaje más adecuados e idóneos, según la carga a levantar considerando un criterio de diseño de 20% más para las dos modalidades de montaje. (subtítulo 4.5.4)
- Se aplicó el método de elementos finitos realizando un análisis estático a los cáncamos, se desarrolló el mallado hexaédrico a la superficie, determinando el esfuerzo de Von Mises 236.34 Mpa y la deformación máxima 0.48 mm. (subtítulo 4.5.4.9)
- Se identificaron y analizaron las áreas de trabajo de ambas modalidades planteadas en el montaje. En la modalidad 1 se requiere un área con dimensiones mayores para el uso de la grúa telescópica (450 m^2) en una plataforma temporal plana, en cambio en la modalidad 2 solo es necesario áreas reducidas en donde se posicionará la pluma y winche (160 m^2).

- Se realizó un análisis comparativo en costo de montaje en donde se vio reflejado de manera significativa un ahorro de 189,392.54 soles de la modalidad 2 con respecto a la modalidad 1. (tabla 5.12)



RECOMENDACIONES

- A los Gerentes de construcción empresas contratistas considerar estos resultados obtenidos actuales y objetivos, respecto a la comparativa para modificar el procedimiento de montaje de torres de comunicación con la reducción costos significativos que aportaran a la optimización de tiempo y costo.
- A los Ingenieros del Proyecto (Ingeniero de Calidad, Ingeniero de Seguridad e Ingeniero de Producción) se sugiere tomar en consideración por su aplicabilidad los documentos mencionados en el estudio presentado, también es importante sugerir que los tiempos considerados en esta investigación están basados en ratios de montaje de anteriores proyectos.
- A los Ingenieros de Producción del Proyecto se recomienda realizar una previa inspección de las áreas de montaje, equipos y aparejos de izaje utilizados en la maniobra, con el fin de evitar paradas de trabajo improductivas y no planificadas, con consecuencia de pérdida de tiempo y dinero, respecto al montaje de la pluma se sugiere tomar como una guía la secuencia más apropiada de instalación de la pluma de izaje para futuros montajes de torres de comunicación.
- A los Gerentes, al Equipo de planificación en especial al área de costos y presupuestos verifiquen la investigación presentada, porque es evidente el ahorro significativo de la modalidad 2 (pluma y winche de izaje) con respecto a la modalidad 1 (grúa telescópica), se consideró los costos actuales de adquisición de los elementos utilizados en la maniobra y alquileres de los equipos.

REFERENCIA

- Caterpillar. (2019). *Manual de Rendimiento Caterpillar 49*.
https://www.wagnerequipment.com/wp-content/uploads/2020/02/SEBD0351_ED49_Bookmarks_Sept_2019.pdf
- Caterpillar. (2019). *Manual de Rendimiento Caterpillar Edición 49*.
https://www.wagnerequipment.com/wp-content/uploads/2020/02/SEBD0351_ED49_Bookmarks_Sept_2019.pdf
- Leoncables. (s. f.). *Cables y Cadenas de Acero de Alta Resistencia*.
<https://www.leoncables.net/images/leoncables/PDF/CATALOGO-LEONCABLES-2017-OK.pdf>
- Canal Enalvareli1. (2014). *Izaje de Pluma de Aluminio [Archivo de Video]*. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=IfmL9eZ1kCw>
- Google. (s. f.). *[Minera Quellaveco-Moquegua] Recuperado el 2 de mayo del 2021*.
<https://earth.google.com/web/search/mina+quellaveco/@-17.12345151,-70.64809991,3904.44558626a,21519.98195455d,35y,0h,0t,0r/data=CigIJgokCfm0txz8FDHAEeWs7eWWODHAGcv7UxvtqVHAIWxqNpW9vVHA>
- Grúas y Transportes. (2010). *Señales de mano para operación de grúas- Nueva Version*.
<https://gruasytransportes.wordpress.com/2014/12/05/senales-de-mano-para-operacion-de-gruas-nueva-version/>
- Latino Smart Tecnología y Accesorios. (2019). *Anemómetro Digital*.
<https://latino.pe/producto/anemometro-digital/>
- Mercado Libre. (2021). *Tachos Ecológicos Cosmos #80 Rey*.
https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-433227528-tachos-ecologicos-cosmos-80-rey-_JM
- Arena Visual. (s. f.). *Estación de Emergencia -Simap- Ingeniería Preventiva*.
- Maprotec. (2016). *Señalizaciones de Seguridad y Corporativas*.
<https://www.maprotecperu.com.pe/senales-de-seguridad/>
- Monografías. (2021). *Identificación de peligros evaluación y control de riesgos*.
- Issuu. (2013). *Equipo de Rescate: Kits de Rescate FP*.
https://issuu.com/ietsa/docs/msa_5555-82-sp-email/197
- Herrajes Roma. (2019). *Cable de Acero para Portón*. <https://herrajesroma.com.ar/shop-2/carpinteria/carpinteria-levadizo/carpinteria-levadizo-piezas/cable-de-acero-para-porton-levadizo/>

- CSBEAVER. (2021). *Como inspeccionar los Grilletes Crosby antes de Usarlas*.
<https://csbeaver.com/blog/inspeccionar-grilletes-crosby/>
- Subinspector. (2021). *Grillete*. <https://subinspector.es/que-es-un-grillete-y-sus-partes/>
- Cranes and Machinery. (2021). *Tabla de capacidades de eslingas*.
<https://www.gruasyaparejos.com/aparejos/eslingas-de-cadena/>
- Divicon. (2020). *Eslinga de Poliester Marca Titán*.
<https://divicomsc.com/product/eslinga-de-poliester-marca-titan/>
- Grupo Bremek. (2018). *Polea para Cable de Acero y/o Soga hasta 6.4 t. TXK*.
<https://bremeksac.com/producto/equipos-para-tendido-de-conductores/poleas-de-aluminio-y-acero/polea-para-cable-de-acero-yo-soga-hasta-6-4t-txk/>
- Grupo Bremek. (2018). *Tecle Ratchet de 3/4 Toneladas x 1.5 Mts*.
<https://bremeksac.com/producto/tecles/tecles-ratchet/tecle-de-ratchet-34-ton-x-1-5-mts/>
- Alibaba.com. (2021). *Cabestrante Manual de Cuerda de Alambre, Elevador, Tirfor*.
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/wire-rope-pulling-hoist-or-tirfor-or-pulling-hand-winch-60092849082.html>
- Mercado Libre. (2021). *Torquímetro Manual Marca Uyustools (Taiwán Cuadrante 1/2")*.
https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-537047061-torquimetro-manual-marca-uyustools-taiwan-cuadrante-12-_JM#position=3&search_layout=stack&type=item&tracking_id=a841607f-b314-4cb0-9f52-9bda70998371
- Makita. (2021). *Llave de Impacto de 1/2" con Yunque de Pasador de Retención*.
<https://www.makitatools.com/es/products/details/TW0200>
- Wikipedia. (2021). *Compresor (Máquina)*.
[https://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_\(máquina\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_(máquina))
- BT Ingenieros. (2021). *Pistola de Impacto Neumática*. <https://www.bt-ingenieros.com/neumatica/13-pistola-de-impacto-neumatica.html>
- Wix.com. (s. f.). *Maquinaria para la Construcción Wildcat*.
<https://thrashsk8.wixsite.com/maquinariapesada/product-page/camion-grua>
- PH Contractor Inc. (s. f.). *Grúas Telescópica 35 Toneladas Modelo RTC8035*.
<https://www.phcontractor.com/es/gruas-telescopica-35-toneladas-modelo-rtc8035-2/>
- Cranes and Machinery. (2021). *Grúas Teléscopicas*.
https://www.gruasyaparejos.com/grua-telescopica/gruas-telescopicas/#grua_telescopica_caracteristicas

- Cuandovisitar.pe. (2021). *Mejor época para viajar, tiempo y clima Quellaveco*.
<https://www.cuandovisitar.pe/peru/quellaveco-3007254/>
- De Máquinas y Herramientas. (2014). *Llave de impacto a batería: usos y aplicaciones*.
- Insumos y Máquinas. (2010). *¿Qué es un aparejo tipo Tirfor y para qué sirve?*
<https://insumosymaquinas.com.ar/que-es-un-aparejo-tipo-tirfor-y-para-que-sirve/>
- Blog Bipandbig. (2021). *Pistolas de impacto neumáticas, lo más rápido y eficaz*.
<https://www.bipandbig.com/blog/pistolas-de-impacto-neumaticas-bipandbig/>
- Carod SL. (2018). *¿Qué es un Grupo Eléctrogeno?* <http://www.carod.es/html/que-es-un-grupo-electrogeno/>
- Láminas y Aceros de Yucatán. (2020). *¿Qué son los grilletes y sus funciones?*
<https://blog.laminasyaceros.com/blog/que-son-los-grilletes-y-sus-funciones>
- Ninanya SAC. (2021). *Tecles Rachet Yale*.
<https://www.ninanyasac.com/inicio/detalleproducto/1083/>
- Wikipedia. (2020). *Cable de acero*. https://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_acero
- Acero Arequipa. (2018). *¿Como utilizar el Winche con Seguridad?*
<https://www.construyendoseguro.com/como-utilizar-el-winche-con-seguridad/>
- Compumet. (2021). *Sistema de Izajes en Minería Subterránea, Piques y Winches*.
<https://compumet.com.pe/sistemas-izaje-mineria-subterranea-piques-winches/#:~:text=El Winche de izaje%2C es,con exigencias mínimas de seguridad.>
- De Máquinas y Herramientas. (2014). *¿Cómo funciona un Torquímetro?*
<https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/torquimetro>
- Cranes and Machinery. (2021). *APAREJOS*. <https://www.gruasyaparejos.com/aparejos/>
- Wikipedia. (2021). *Camión Grúa*. https://es.wikipedia.org/wiki/Camión_grúa
- Grupo Gorila Peru. (2017). *Grapas Para Cable*.
<https://grupogorilaperu.com/index.php/hikashop-menu-for-module-112/product/105-grapas-para-cable>
- Bricolemar. (2017). *¿Qué es un compresor de aire? ¿Cuál es su funcionamiento y para qué sirve?* <https://www.bricolemar.com/blog/que-es-un-compresor-de-aire/>
- Cueva del Ingeniero Civil. (2014). *Banco de nivel BM (Bench Mark)*.
<https://www.cuevadelcivil.com/2014/03/banco-de-nivel-bm-bench-mark.html>

- Atcal. (2020). *SST -PLAN SALVAMENTO DE RESCATE*.
<https://www.implementandosgi.com/deio/sst-plan-salvamento-de-rescate/>
- Gallardo, I. (2015). *TOPOGRAFÍA: QUÉ ES Y PARA QUÉ LA USAMOS*.
<https://www.utw.es/topografia-la-usamos/>
- Prowinch. (2014). *Manual de Usuario y Advertencias de Seguridad Winches Series PWC*.
https://prowinch.cl/downloads/PWCD_PWCG.pdf
- T.E.M.A. (2021). *Equipos de Aleación de Aluminio para la Construcción de Líneas de Tensión*. <https://www.rtho.com/linea-de-productos/2-lltt/08-equipos-de-tendido-y-accesorios/2-equipos-y-estructuras-de-aleacion-de-aluminio/plumas-mastiles-en-aluminio/>
- Crosby. (2013). *Grilletes*. [https://www.cyesa.com/sites/cyesa-com/DOCUMENTOS/Grilletes Crosby.pdf](https://www.cyesa.com/sites/cyesa-com/DOCUMENTOS/Grilletes%20Crosby.pdf)
- Procarga. (2017). *Expertos en Equipos de Carga*.
<https://www.procarga.com.mx/catalogos/CATALOGO-CABLE-DE-ACERO.pdf>
- Prodinsa. (2010). *Eslingas sintéticas. Strongloop*, 1-15.
<http://www.indura.cl/content/storage/cl/producto/70a038528d3c4a269ef3304cc447c796.pdf>
- Terex. (2019). *Rt 35-1*. [https://www.terex.com/docs/librariesprovider10/product-literature/rough-terrain/rt-35-1-metric-datasheet-\(en-fr-de-it-es-pt-ru\).pdf?sfvrsn=afa51112_44](https://www.terex.com/docs/librariesprovider10/product-literature/rough-terrain/rt-35-1-metric-datasheet-(en-fr-de-it-es-pt-ru).pdf?sfvrsn=afa51112_44)
- Gavidia González, A. C. (2015). *Elaboración de los Procedimientos de Fabricación y Montaje de una Estructura de Acero para un Edificio Tipo Proyecto*.
- Escaleras y Maniobras.com. (2017). *Poleas de Acero 1 Vía y 2 Vías*.
- Pisfil de la Cruz, V. H. (2021). *Proceso de Fabricación y Montaje de Ampliación de Naves de Molienda y Flotación*.
- Guio Parra, F. A. (2012). *Manufactura, Pre-ensamble y Montaje de Puente Metálico sobre el Caño Morrocoy, Sitio el Tres- Zona Rural de la Macarena, Meta*.
- Arias Cantor, A. F., & Gonzalez Romero, N. A. (2019). *Gría de Diseño Estructural de Torres de Telecomunicación Autosoportadas en Colombia para Alturas de 20, 30 y 40 metros*.
- Morales Yovera, D. (2019). *Optimización del Proceso de Montaje de Estructuras en una Refinería*.

Anexo A. Designación del personal competente

Empresa: _____		
Nombr.: _____		# de Empleado.: _____
Designación de Persona Competente: ☐ Demolicion ☐ Mitigacion de Plomo <i>Marcar la opción que corresponda:</i> ☐ Gerencia de Medio Ambiente ☐ Proteccion Respiratoria ☐ Entrenador de elevaciones aereas ☐ Excavaciones, Zanjias, Entibados ☐ Inspector de Aparejos ☐ Asbestos ☐ Inspeccion equipos contra caidas ☐ Inspector de Techos ☐ Cadmio ☐ Entrenador de proteccion contra caidas ☐ Monitor de Seguridad (Techos) ☐ Aire comprimido (perforación) ☐ Uso de materiales peligrosos ☐ Andamios: armado/ inspeccion ☐ Entrada a espacio confinado ☐ Radiacion Ionizante ☐ Andamios: - armado solamente ☐ Operador de Gruas ☐ Inspeccion de escaleras portatiles ☐ Montaje estructuras de acero ☐ Other _____		
Designaciones de personas calificadas <i>Marcar la opción correspondiente:</i> ☐ Diseño sistema de proteccion de caidas ☐ Diseno de entibados ☐ Diseño de plataformas para personal ☐ Diseno de Andamios ☐ Construcción de hormigón y mampostería ☐ Mantenimiento/ Reparacion de Gruas ☐ Other _____		
Credenciales Revisadas ☐ Capacitación Formal (describir, año completado) ☐ Años de Experiencia (indicar cantidad de años) ☐ Capacitacion Informal (describir) ☐ Capacitacion en trabajo		
El empleado ha revisado los siguientes estándares y prácticas en materia de salud y seguridad, y comprende las funciones, responsabilidades y la autoridad que se espera que ejecute de acuerdo con los estándares y las prácticas. <i>Marcar la opción correspondiente:</i> ☐ Trabajos en Altura ☐ Asbestos ☐ Hormigon y mamposteria ☐ Entrada a Espacios Confinados ☐ Gruas e izajes ☐ Demolicion ☐ Gerencia Ambiental ☐ Excavaciones, Zanjias, Entibados ☐ Monitor de Seguridad para Trabajos en Techos ☐ Montacargas ☐ Uso de Materiales Peligrosos/ Quimicos ☐ Operador/ Inspector de equipos pesados ☐ Escaleras ☐ Mitigacion de Plomo ☐ Proteccion Respiratoria ☐ Inspeccion de elementos de izajes ☐ Andamios ☐ Montaje de estructuras de acero ☐ Trabajos en Caliente ☐ Explosivos ☐ Seguridad Electrica,		
Firmas: _____ Persona Calificada		Fecha: _____
_____ Capataz/ Supervisor		Fecha: _____
_____ Gerente de Proyecto		Fecha: _____

COMPETENT/QUALIFIED PERSON DESIGNATION FORM INSTRUCTIONS

Leer la información que se encuentra en la parte superior del Formulario de designación de personas calificadas/competentes

Información del empleado:

- Empresa: Escribir el nombre de la empresa.
- Nombre: Escribir el nombre completo del empleado en letra de imprenta.
- N.º de empleado: Escribir claramente el número de identificación del empleado en la empresa, el número de seguro social u otros identificadores personales del empleado en el espacio proporcionado.

Designaciones de personas competentes:

- Marcar la casilla correspondiente para indicar en qué área se designa al empleado como "Persona competente".
(Se puede marcar más de una casilla).

Designaciones de personas calificadas:

- Marcar la casilla correspondiente para indicar en qué área se designa al empleado como "Persona calificada".
(Se puede marcar más de una casilla).

Revisión y verificación de credenciales para la designación: **(Es obligatorio completar esta sección. Incluir la mayor cantidad de detalles posible e indicar información específica).**

- Revisar y verificar las credenciales del empleado.
- Incluir la capacitación formal correspondiente en el espacio proporcionado.
- Indicar la cantidad de años de experiencia que posee el empleado en relación con las designaciones de persona competente o calificada que se marcaron arriba.
- Marcar la casilla correspondiente si el empleado ha completado el Programa de aprendizaje del sindicato.
- Incluir la capacitación informal correspondiente.
- Marcar la casilla correspondiente si la designación se realiza en función del desempeño "en el trabajo".

Entrenamiento sobre estándares y prácticas: **(Es obligatorio completar esta sección).**

- Asegurarse de que el empleado haya leído los estándares y las prácticas en materia de salud y seguridad correspondientes que rigen las designaciones que se marcaron en las secciones anteriores.
- Asegurarse de que el empleado comprenda completamente las funciones, responsabilidades y la autoridad que se espera que ejecute.
- Marcar las casillas para indicar qué estándares y prácticas leyó el empleado durante el proceso de designación.

Firmas:

- La persona calificada/competente debe firmar e indicar la fecha en el formulario para aceptar las responsabilidades relativas a las designaciones.
- El capataz, capataz general o supervisor del empleado debe firmar y colocar la fecha en el formulario para declarar su conformidad con la designación. (Esta firma no es obligatoria).
- El administrador de construcción, proyecto o ingeniería debe firmar y colocar la fecha en el formulario.

ESTRATEGIA DE LA PERSONA COMPETENTE

ANTECEDENTES

1. La designación de persona competente está específicamente definida por las normas de los estándares federales de OSHA, y los estándares del Peru y NO SE DEBE CONFUNDIR con las personas que son competentes o calificadas (eficientes y capacitadas) para realizar una tarea o actividad. Esto también se aplica para las personas calificadas.
2. La designación de personas competentes se debe realizar de acuerdo con el Procedimiento 1.04 Anexo 3 (Requisitos Generales) en materia de salud y seguridad para las siguientes tareas o actividades:

▪ Instructor en elevaciones aéreas ▪ Amianto ▪ Cadmio ▪ Aire comprimido (perforación) ▪ Entrada a espacio confinado ▪ Demolición (a gran escala) ▪ Administración Ambiental ▪ Excavaciones, zanjas y apuntalamiento ▪ Protección contra caídas: Inspección de los equipos ▪ Protección contra caídas: Capacitación de usuarios ▪ Uso de materiales peligrosos ▪ Protección/conservación auditiva ▪ Radiación ionizante	▪ Inspección de escaleras (portátiles) ▪ Reducción del plomo ▪ Protección Respiratoria ▪ Inspector de aparejos ▪ Inspector de techos ▪ Administrador de seguridad ▪ Controles de seguridad (techos) ▪ Oficial de Seguridad ▪ Técnico en seguridad ▪ Instructor en seguridad ▪ Armado de andamios ▪ Inspección de andamios ▪ Construcción en acero
--	---
3. Las personas calificadas deben ser designadas a las siguientes tareas y actividades:
 - Construcción de hormigón/mampostería
 - Persona a cargo del mantenimiento/la reparación de grúas
 - (excavaciones y zanjas) Diseño de apuntalamiento
 - Diseño de sistemas de protección contra caídas
 - Izamiento y aparejos: diseño de plataforma para el personal
 - Diseño de andamios
4. La designación de una persona competente/calificada se basa en las calificaciones excepcionalmente satisfactorias de un individuo respecto de la especialidad que posee y NO SIMPLEMENTE respecto de la capacitación, educación, experiencia o capacitación en el trabajo que posee.
5. Las personas competentes/calificadas deben demostrar que (a) poseen un alto nivel de conocimiento respecto de la especialidad y que (b) tienen la capacidad de utilizar el buen juicio de manera constante al cumplir con las responsabilidades designadas en la especialidad; una persona puede ser competente sin ser una persona competente designada.
6. Debemos LIMITAR LA CANTIDAD de personas competentes a no más de tres por cada actividad, por cada especialidad, por cada proyecto; si corresponde y de ser posible, deben ser menos. Se puede realizar una excepción en las áreas de especialidad tales como inspección de andamios y excavaciones, zanjas y apuntalamiento.
7. En la mayoría de los casos, las personas competentes/calificadas se deben considerar competentes de un proyecto a otro; sin embargo, esto queda a criterio del director de la obra o del proyecto.

Anexo B. Protocolo lista de comprobación e inspección del Acero Estructural

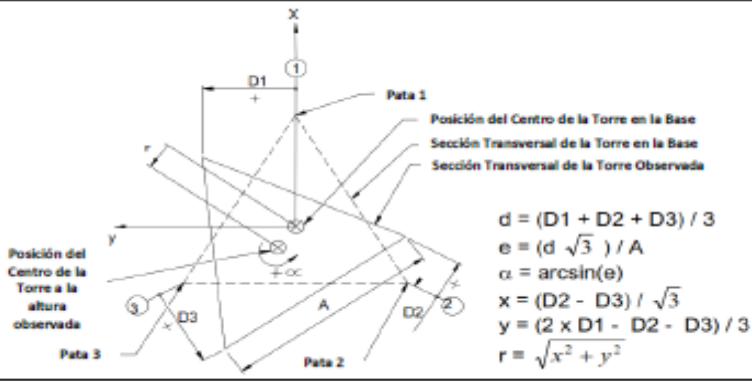
LISTA DE COMPROBACIÓN DE INSPECCIÓN DEL ACERO ESTRUCTURAL				ID S72002A
Descripción del Tag:			N° de Tag:	
Contrato:	Clasificación de inspección:		Sistema Transferido:	
Contratista:	Contratista ☐	Cliente ☐	Sub-Sistema:	
	SMI ☐	Otros ☐	Área:	
N° de plano:			N° de especificación:	
Elemento	Descripción de la comprobación		QC Contratista	Const./QA SMI
CIMENTOS				
01	Inspecciones y ensayos de cimientos finalizados ☐ Pilotes ☐ Suelos ☐ Hormigón			
02	Lechada de placa de nivelación o placa de alojamiento finalizada y comprobada			
PERNOS DE ANCLAJE				
03	Grado y elevación			
04	Condición de los pernos de anclaje			
05	Condición de la placa de asiento			
06	Superficie de apoyos limpia y protegida			
07	Acuñamiento de placas de asiento			
MONTAJE				
08	Ubicación y tamaño de los números correctos			
09	Comprobación, realizada por el grupo de inspección, de la alineación, el aplomado, la separación y la elevación según las tolerancias de construcción			
10	Coincidencia de miembros			
11	Miembros libres de distorsión			
12	Superficies de contacto sin pintura			
PERNOS				
13	Grado correcto			
14	Longitud correcta			
15	Tamaño correcto			
16	Todos los pernos inspeccionados visualmente para verificar que están bien apretados			
17	Conexiones marcadas que indican los estados			
18	Método de ajuste de pernos utilizado: ☐ Llave calibrada ☐ Guro de tuerca ☐ Arandelas dinamométricas ☐ Cierres de ruptura brusca			
SOLDADURAS				
19	Soldaduras aprobadas por el inspector de soldadura			
20	Recubrimientos aplicados en la obra comprobados			
21	Inspecciones y ensayos de ignifugación finalizados			
22	Inspección final completada			
QC Contratista		Construcción SMI	Aseguramiento de Calidad SMI	
Nombre:		Nombre:	Nombre:	
Firma:		Firma:	Firma:	
Fecha:		Fecha:	Fecha:	

Anexo C. Protocolo de registro topográfico

[illegible]

Anexo D. Protocolo de torsión y verticalización

Descripción del TAG:		N° de TAG:	
Contrato:	Clasificación de la Inspección	Sistema transferido:	
Sub contratista:	Sub contratista ☐ Cliente ☐	Sub sistema:	
Fecha:	SMI ☐ Otro ☐	Área:	
N° Registro:			
N° Plano:			
N° Especificación:			

1 Datos
Velocidad del Viento _____ Temperatura _____
2 Nota
De acuerdo a la norma ANSI/TIA-222-G inciso 13.3.3, el desplome tolerable no debe exceder del 0.25% de la altura total. El teodolito se deberá instalar sobre el alfiler de cada pata en la base de la torre. La correspondiente pata en la base de la torre se utiliza para establecer la línea de referencia vertical. La deflexión en cada punto de interés de la torre se mide a partir de dicha línea de referencia vertical, tal como se ilustra a continuación:  $d = (D1 + D2 + D3) / 3$ $e = (d \sqrt{3}) / A$ $\alpha = \arcsin(e)$ $x = (D2 - D3) / \sqrt{3}$ $y = (2 \times D1 - D2 - D3) / 3$ $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ Figura J-1 (Norma TIA 222-G): Determinación de la torsión y falta de verticalidad para torres triangulares

Altura de la torre (m)	Desplaz. Max. Tolerable (mm)
600	1.5
1200	3
1800	4.5
2400	6
3000	7.5
3600	9
4200	10.5
4800	12
5400	13.5
6000	15

DESPLAZAMIENTOS OBSERVADOS DE LAS PATAS					TORSIÓN CALCULADA			FALTA DE VERTICALIDAD CALCULADA		
Altura Obs. (mts)	A (mts)	D1 (mts)	D2 (mts)	D3 (mts)	d (mts)	e	α deg	X (mts)	Y (mts)	Z (mts)

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN	MARCA	MODELO	# SERIE	FECHA DE CALIBRACIÓN	N° CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

3 Comentarios

Topografía MGT:			
Construcción	Calidad	Construcción SMI	Aseguramiento de Calidad SMI
Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:

[illegible]

Anexo F. Permiso de riesgo eléctrico

Ubicación: _____		Fecha: _____	
1. Trabajo a realizar			
1.1	Descripción (Incluir Plano de Ubicación):		
1.2	Periodo de Tiempo Requerido:	Desde:	Hasta:
1.3	¿Se trabajará dentro de los 33 pies (10,1 metros)?	☐ Sí	☐ No (Permiso no Requerido)
1.4	Consideraciones especiales:		
2. Supervisor/delegado del sistema eléctrico (Especialista Eléctrico Contratista)			
2.1	Tensión de la Línea:		
2.2	Precauciones necesarias:	☐ Puesto a Tierra	☐ Bloqueo / Etiquetado
	Se necesita un Vigila:	☐ Sí	☐ No
		☐ Línea aislada	☐ Sí
			☐ No
2.3	Otro (JSA, ATS):		
2.4	Cero Energía verificada por:	Firma:	
3. Supervisor de instalación/delegado de la construcción (Especialista Eléctrico Contratista)			
3.1	Tipo de equipo a ser utilizado (grúa, excavadora):		
3.2	Distancia aproximada de la pluma y/o la carga o los equipos de las líneas eléctricas:		
3.3	Precauciones especiales:		
3.4	Firma:		
4. Supervisor del trabajo (Contratista)			
4.1	Trabajo a realizar:		
4.2	Permisos adicionales (excavación, FAE, etc.):		
4.3	Asignación de tareas de seguridad (Safety Task Assignment, ATS) completado:	☐ Sí	☐ No
4.4	Personal capacitado:	☐ Sí	☐ No
4.5	Firma:		
5. Superintendente del sistema eléctrico del proyecto			
5.1	¿Se ha cumplido con todos los requisitos?	☐ Sí	☐ No
5.2	Firma:	Hora:	a. m./p. m.
6. Representante de Salud, seguridad y medio ambiente (Health, Security and Environment, HSE) del proyecto			
6.1	Toda la documentación obligatoria proporcionada:	☐ Sí	☐ No
6.2	Firma:	Hora:	a. m./p. m.
7. Expedidor del permiso			
7.1	Toda la documentación obligatoria proporcionada:	☐ Sí	☐ No
7.2	Firma:	Hora:	a. m./p. m.

Nota: Se hace referencia a este formulario en Procedimiento HSE 2.54: "Trabajo cerca de Líneas Eléctricas Aéreas".

Anexo H. Inspección de herramientas y equipos

INSPECCION DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					Código: SSO-FOR-39 Versión: 01 Fecha: 11/12/2019 Página: 1 de 2		
FECHA	LUGAR EXACTO DEL TRABAJO						
NOMBRE DEL SUPERVISOR			FIRMA				
NOMBRE DEL PROFESIONAL DE SSO			FIRMA				
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL TRABAJO			FIRMA				
DESCRIPCION DEL TRABAJO							
HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS	ESTADO		OBSERVACIONES	ACCIONES A REALIZAR			
	MALO	N.A.		QUIEN	CUANDO	MEDIDA CORRECTIVA	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
HERRAMIENTAS DE PODER	ESTADO		OBSERVACIONES	ACCIONES A REALIZAR			
	BUENO	MALO		N.A.	QUIEN	CUANDO	MEDIDA CORRECTIVA
1 CINCEL NEUMATICO							
2 PISTOLA NEUMATICA							
3 PISTOLA DE AIRE							

Anexo I. Permiso de trabajo en altura

PERMISO DE TRABAJOS EN ALTURA	Anexo I Procedimiento HSEI 2.18 Septiembre del 2019
--------------------------------------	---

(Aplicable a todo trabajo que se realice a partir de 1.80 metros (6 pies) de altura sobre el nivel del piso y donde existe el riesgo de caída a diferente nivel bajo evaluación)

1. Datos Principales

Ubicación: _____	
Trabajo a realizar: _____	Fecha: ____/____/____

2. Peligros y Riesgos de Trabajos en Altura

Riesgos	Medidas de Control	Peligros	Medidas de Control
Caídas de personal ☐	_____	Peligros mecánicos ☐	_____
Caídas de equipo ☐	_____	Peligros eléctricos ☐	_____
Caídas de herramientas ☐	_____	Peligros de incendio ☐	_____
Otros (detalle) ☐	_____	Otros (detalle) ☐	_____

3. Medidas de Control

	SI	NO	N/A		SI	NO	N/A
A. Del lugar de Trabajo				C. Del equipo de protección personal e instrucciones			
1. Se ha aislado y señalado el área de trabajo en nivel inferior (suelo)	☐	☐	☐	1. El personal recibió entrenamiento y/o capacitación en trabajos en altura	☐	☐	☐
De realizarse los trabajos en superficies deterioradas como techos y/o coberturas se han colocado sistemas o medidas (ejemp. sogas, cables) que eviten la posibilidad de caída.	☐	☐	☐	2. El personal que realizará el trabajo en altura cuenta con el certificado anual de suficiencia médica.	☐	☐	☐
2. Del punto anterior, en caso de emergencia se han señalado las salidas inmediatas y éstas ofrecen estabilidad en caso de evacuación	☐	☐	☐	3. El personal cuenta con EPP Básico y Especializado (arnés, barbiquejo, etc)	☐	☐	☐
De observarse bordes con posibilidad de caída se han colocado barandas (1.20 mts de altura con respecto al piso y travesaños intermedios)	☐	☐	☐	Se realizó una inspección visual; en tierra firme del equipo de protección contra caídas (cinturones, líneas de anclaje, arneses, cuerdas, ganchos, conectores)	☐	☐	☐
3. Se ha verificado y asegurado las herramientas y equipos a utilizar en los trabajos en altura	☐	☐	☐	4. Se recalco al personal que siempre debe estar enganchada su línea de anclaje, de tal forma que nunca este desprotegido	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	Si el equipo de protección contra caídas dificulta el trabajo a realizar, se colocará red a una distancia < 1 m con respecto al punto de trabajo.	☐	☐	☐
B. Del Sistema de Protección Contra Caídas				7. Si por la labor el trabajador ha de desplazarse de un lugar a otro; se ha considerado doble línea de anclaje.			
1. Se realizó check list en andamios, tapas, pasadizo, elevadores, etc; verificando que todos sus elementos estén completos y ensamblados correctamente.	☐	☐	☐		☐	☐	☐
2. Los sistemas de protección contra caídas mantienen una distancia mínima de tres metros con respecto a las líneas de alta tensión.	☐	☐	☐	D. Otros	☐	☐	☐
3. El terreno donde se colocó el andamio está nivelado o en su defecto se han colocado calzas que ofrezcan la seguridad respectiva.	☐	☐	☐	1. Se requiere algún permiso de trabajo adicional, según la actividad a realizar	☐	☐	☐
Los andamios, según su altura están asegurados y/o arriados a estructuras estables y fijas eliminando la posibilidad de colapso.	☐	☐	☐	Es indispensable considerar la presencia de un observador que advierta al personal de antemano la posible caída de materiales y/o carga.	☐	☐	☐
4. Las plataformas están debidamente aseguradas y de considerarse tablonas éstos tienen un mínimo de 5cm de espesor; 60cm de ancho y sobresalen de 20 a 30 cm limitado por topes.	☐	☐	☐	Se ha considerado equipo de comunicación como: radios, linterna de colores etc.	☐	☐	☐
5. Los puntos de anclaje y líneas de vida están ubicados por encima del nivel del hombro del trabajador.	☐	☐	☐		☐	☐	☐
6.	☐	☐	☐		☐	☐	☐

4. Firmas del Documento:

FIRMAS AUTORIZACIÓN DE LA TAREA			
Contratista	Nombre	Firma	Fecha
SUPERVISOR CONTRATISTA			____/____/____
HSE CONTRATISTA			____/____/____

5. Sugerencias y Recomendaciones

Página 1 de 2

Anexo K. Registro de inspección de accesorios de izaje

[illegible]

Anexo M. Inspección de andamios

INSPECCIÓN DIARIA DE ANDAMIOS												
Empresa Contratista							N° Contrato					
Ubicación del andamio							Mes					
Supervisor/Capataz competente							Fecha Montaje					
PUNTOS DE VERIFICACIÓN	DIA / MES											
Tarjeta firmada por competente y con fecha actualizada												
Bases niveladas												
Bases montadas sobre maderas												
Escalera de acceso asegurada / sobrepasada a lo menos 900 mm												
Todos los lados con barandas												
Estado de tablas o superficies metálicas de los andamios												
Tapa huecos estándares y asegurados con pernos												
Accesos libres												
Amiosres o contra andamios												
Rodapié												
Rosetas sin fisuras												
Chavetas de uniones en buen estado												
Seguros de trampillas en buen estado												
Verificación de existencia de soldaduras												
Colocación de avisos de precaución por trabajos en altura.												
Puertas vaivén												
No hay materiales almacenados sobre las plataformas del andamio												
INICIALES DEL CAPATAZ - SUPERVISOR												
EL "B" INDICA EN BUENAS CONDICIONES. LA "M" INDICA NO EN BUENAS CONDICIONES, Y EL "N/A" INDICA QUE NO APLICA PARA EL PRESENTE ANDAMIO. EL ANDAMIO NO SERÁ UTILIZADO HASTA QUE SEA REPARADO O CORREGIDO Y SE LE COLOCARÁ LA TARJETA VERDE. EL CAPATAZ / SUPERVISOR A CARGO, REALIZARÁ ESTE CHEQUEO A DIARIO PREVIO AL INGRESO DE SU CUADRILLA AL ANDAMIO												

Anexo N. Inspección del generador eléctrico

		INSPECCIÓN GENERADOR ELÉCTRICO			Código: SSO-FOR-50 Versión: 01 Fecha: 11/12/2019 Página 1 de 1	
FECHA:						
FIRMA DEL RESPONSABLE DEL CHEQUEO:						
FRECUENCIA DE INSPECCION:		MENSUAL				
COMPONENTES	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Bueno (✓)	Malo (X)	No Aplica (N/A)	OBSERVACIONES	
Motor	Nivel de Aceite del Motor					
	Nivel de refrigerante del motor					
	Nivel de combustible					
	Elementos del filtro de aire					
	Pre – Filtro del combustible separador de agua					
	Elemento del filtro de combustible					
	Estado de batería					
	Orden y limpieza					
	Bisagras y cerraduras de las puertas					
	Guardas de protección					
Sistema Eléctrico del Generador	Controladores del tablero de mando					
	Perilla de encendido y apagado					
	Indicadores LED					
	Dispositivo de PARE emergencia					
	Cortacorriente					
	Alternador Termomagnético principal					
Accesorios de Seguridad	Extintor					
	Kit antiderrame					
	Carteles de señalización					
	Conexión de puesta a tierra					
	Sticker de operatividad					



Anexo O. Inspección de compresores

[illegible]

Anexo P. Checklist de grúas

CHECKLIST DE GRUAS

Nombre de la empresa			Fecha		
Equipo n.º			Año de fabricación		
Tipo de equipo			N.º de serie		
Fabricante/modelo			N.º de modelo		
Horas			Proyecto n.º/Contrato n.º		
Ubicación			Nombre del operador		

Marque los siguientes elementos según corresponda. Si no corresponde, indíquelo.

Ítems	Iniciales del competente	Fecha		Fecha		Fecha		Fecha		Fecha	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
Niveles de los líquidos/General											
1. ¿El nivel de aceite está bien?											
2. ¿El nivel de refrigerante está bien?											
3. ¿El nivel de fluido hidráulico está bien?											
4. ¿La batería está bien?											
5. Instrumentos											
6. Correas del ventilador											
7. Neumáticos											
8. El tanque de aire se drena a diario											
9. ¿Almohadillas de estabilidad están asegurados?											
Dispositivos de seguridad											
1. Indicador de ángulo de pluma											
2. Inspección de 5 ganchos (placa giratoria, cierre, cola, paso, torsión)											
3. Alarma del sistema de anti doble bloqueo											
4. Corte de movimiento del sistema de anti doble bloqueo											
5. Extintores de incendio clase BC de 10 libras											
6. Alarma de reversa											
7. Controles (Revisión por uso excesivo o mal ajuste que interfieren con la propia operación)											
Luces											
1. Faros delanteros/luces de marcha											
2. Luz de piloto y de frenado											
3. Señales de giro											
Cable de acero											
1. Inspección del cable de acero para los montacargas principales y secundarios											
2. Cable de carga											
3. Clavijas											
Misceláneos											
1. Manuales de instrucciones del fabricante											
2. Inspección no destructiva para el cuadernal principal/secundario											
3. Calcomanía de la inspección anual											
4. Certificado para ganchos de bloqueo/bola de demolición											
5. Ventana de la cabina del operador (grietas, obstrucciones de visibilidad)											
6. Condiciones del terreno / Nivel de la grúa											
5. Lectura de la medición de la hora											
6. Iniciales del operario											
7. Vencimiento del próximo servicio											
8. Vencimiento de la próxima inspección											
Comentarios (usar el reverso de ser necesario):											

Inspeccionado por: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Anexo Q. Cotización de equipos

COTIZACION N° 0294 – 2021 - CYM

Arequipa, 18 de octubre de 2021

Estimados Sres.

POHARMEC

Atención.

Ing. Rodolfo

Presente. – Me es grato dirigirme a ustedes para saludarlos cordialmente y por medio de la presente hacerles llegar nuestra cotización del equipo requerido:

Item	Descripción	Precio Unitario SIN IGV
01	ALQUILER DE VOLQUETE 15 M3 Horas mínimas mensuales: 200 horas por turno Pago de 100 horas adelantadas	S/ 130.00 (HORA) + IGV
02	ALQUILER DE MINIVAN RENAULT MASTER	S/ 250.00 (DIA) + IGV
03	ALQUILER DE CAMIONETA	S/ 260.00 (DIA) + IGV
04	ALQUILER DE CISTERNA 5000 GALONES	S/18,000.00 (MES) + IGV TARIFA PLANA

PRECIO MAQUINA SECA

PRECIO POR UNIDAD

PRECIO NO INCLUYE IGV

MES TRABAJADO – MES PAGADO

Información adicional del alquiler del equipo:

- Precio Maquina Seca
- Seguro de responsabilidad civil ante terceros
- Lubricantes, Filtros, Grasa.
- Mantenimiento Preventivo y Correctivo con el personal Técnico y Equipado (mecánico y técnico).
- Movilización y desmovilización corre de parte del cliente.
- **FORMA DE PAGO: mes trabajado – mes pagado**
- Todo requerimiento se atiende con 72 de anticipación como mínimo, para el cumplimiento del requerimiento del cliente.

Sin otro particular de momento, quedo a la espera de su respuesta, así mismo recordarle que estamos a su entera disposición.

Atentamente,


Fredy Quispe Calcina
GERENTE ADMINISTRATIVO
C Y M CONTRATISTAS Y INGENIERIA SAC

Anexo R. Cotización de excavadora y martillo hidráulico

Asunto: Propuesta Técnica Comercial Producto/Solución

Referencia 70723

Es grato saludarlos y presentarles nuestra Propuesta Económica por el alquiler de equipos, la cual consideramos satisface sus requerimientos específicos, en alineamiento con sus objetivos de negocio

EQUIPO		MARCA		MODELO
EXCAVADORA CON CH 320D2GC		CATERPILLAR		320D2GC
Cantidad	Tarifa/Hora	Horas Mínimas	Valor Unitario \$	Valor Total \$
1	Normal/Mensual 180	180.00	\$ 50.58	\$ 9,104.40

EQUIPO		MARCA		MODELO
MARTILLO HIDRAULICO B20		CATERPILLAR		B20
Cantidad	Tarifa/Hora	Horas Mínimas	Valor Unitario \$	Valor Total \$
1	Normal/Plana	1	\$ 3,253.00	\$ 3,253.00

*Las tarifas ofrecidas no incluyen IGV

FORMA DE PAGO: AL CONTADO POR ANTICIPADO.

EXCAVADORA - LUGAR DE ENTREGA: Panamericana Sur Km. 31.5-LIMA

MARTILLO HIDRAULICO-LUGAR DE ENTREGA: Parque Industrial Mz. Q lte.15-16-Ilo



Anexo S. Cotización del rodillo compactador

Asunto: Propuesta Técnica Comercial Producto/SoluciónReferencia

70849

Es grato saludarlos y presentarles nuestra Propuesta Económica por el alquiler de equipos, la cual consideramos satisface sus requerimientos específicos, en alineamiento con sus objetivos de negocio

EQUIPO		MARCA		MODELO
RODILLO COMPACTADOR CB2.5		CATERPILLAR		CB2.5
Cantidad	Tarifa/Hora	Horas Mínimas	Valor Unitario \$	Valor Total \$
1	Normal/Mensual 180	180.00	\$17.05	\$3,069.00

*Las tarifas ofrecidas no incluyen IGV

DATOS DEL EQUIPO	
DIMENSIONES	: 2250 kg
MARCA	: CAT
MODELO	: CB2.5
CAPACIDAD	: 28.9 kn / 2.5 ton
POTENCIA	: 30.71 HP
Lugar de entrega	
Panamericana Sur Km. 31.5	
Plazo de entrega estimado	
A tratar.	
Condiciones de Alquiler	
*El mantenimiento preventivo de los equipos dentro de Lima es por cuenta de Unimaq S.A.	
*El Rodillo Compactador cotizado a partir de los 2500 msnm el equipo emite gases (humea) esta información se ha comunicado previamente el cliente.	
*El alquiler incluye el envío de mantenimientos preventivos obra, no incluye la mano de obra.	
*Se considera 4 días de movilización y 2 días de desmovilización	
*Para proyectos donde el personal de Unimaq S.A. no pueda ingresar a la zona de trabajo, el mantenimiento preventivo cada 250 horas (Lubricantes y Manode obra) será a cuenta del cliente. Unimaq S.A. hará entrega de los filtros.	
*En el caso de que se requiera el ingreso del personal técnico de Unimaq S.A. a mina considerar que la tarifa de alquiler no incluye los gastos por homologación, inducciones y exámenes médicos, estos costos serán a cuenta del Cliente.	
*Los equipos se alquilan sin transporte, combustible ni operador.	
*Para el recojo del equipo, el cliente debe traer su guía de remisión-remitente y guía del transportista. Unimaq S.A. proporcionará una Acta de Entrega.	
*El periodo de alquiler se inicia con la entrega del equipo y finaliza con la recepción del mismo en el local de Unimaq S.A..	
*Los equipos cuentan con Seguro TREC. En caso de siniestro, el costo del deducible por la activación de la Póliza de Seguro será asumido por ELCLIENTE.	
*Los equipos deben ser devueltos en las mismas condiciones que fueron entregados sin más deterioro que el que pudiera producirse por el uso normal. En caso de presentarse cualquier daño, el cliente se hará responsable por el costo de las reparaciones, según cargos por daños vigentes a la devolución.	
*La inspección diaria y el mantenimiento regular diario de los equipos son de exclusiva responsabilidad del cliente siendo de su cargo exclusivo los gastos por reposición de combustible, lubricantes, materiales de corte, neumáticos y afines.	

Anexo T. Tabla de Capacidad de Grúa Terex 35-1

LOAD CHART

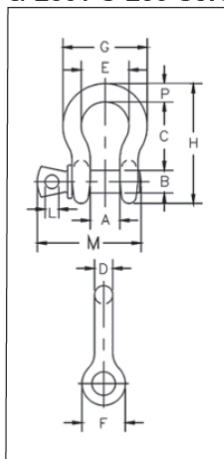
RT 35-1

GRAPHIQUE DE CHARGE · TRAGLASTTABELLE · DIAGRAMMA DI CARICO ·
TABLA DE CARGA · TABELA DE CARGA · ТАБЛИЦА НАГРУЗОК

		 4.2 t		 5.9 m x 5.8 m		 360°		EUROPEAN STANDARD EN 13000	
		9.1 m	14.4 m	19.6 m	24.9 m	30.1 m			
m	t	t	t	t	t	t	m	t	
3.0	35.00	21.70	16.10	-	-	-	3.0	3.0	
3.5	31.00	20.75	15.00	12.90	-	-	3.5	3.5	
4.0	28.40	19.90	14.06	12.06	-	-	4.0	4.0	
4.5	26.50	19.15	13.20	11.30	5.00	-	4.5	4.5	
5.0	23.00	18.45	12.45	10.60	5.00	5.00	5.0	5.0	
6.0	18.25	17.25	11.00	9.40	5.00	5.00	6.0	6.0	
7.0	-	12.10	9.80	8.35	5.00	5.00	7.0	7.0	
8.0	-	9.45	8.85	7.50	5.00	5.00	8.0	8.0	
9.0	-	7.60	8.06	6.80	5.00	5.00	9.0	9.0	
10.0	-	6.25	6.30	6.20	5.00	5.00	10.0	10.0	
11.0	-	5.25	5.30	5.70	4.80	4.80	11.0	11.0	
12.0	-	-	4.50	4.50	4.50	4.50	12.0	12.0	
13.0	-	-	3.85	3.80	3.70	3.70	13.0	13.0	
14.0	-	-	3.30	3.30	3.30	3.30	14.0	14.0	
15.0	-	-	2.90	2.85	2.85	2.85	15.0	15.0	
16.0	-	-	2.45	2.50	2.50	2.50	16.0	16.0	
17.0	-	-	2.15	2.15	2.20	2.20	17.0	17.0	
18.0	-	-	-	1.90	1.80	1.80	18.0	18.0	
19.0	-	-	-	1.65	1.65	1.65	19.0	19.0	
20.0	-	-	-	1.40	1.45	1.45	20.0	20.0	
21.0	-	-	-	1.20	1.25	1.25	21.0	21.0	
22.0	-	-	-	1.05	1.05	1.05	22.0	22.0	
23.0	-	-	-	-	0.90	0.90	23.0	23.0	
24.0	-	-	-	-	0.75	0.75	24.0	24.0	
25.0	-	-	-	-	0.65	0.65	25.0	25.0	
26.0	-	-	-	-	0.50	0.50	26.0	26.0	
27.0	-	-	-	-	0.40	0.40	27.0	27.0	

Anexo U. Catálogo de Capacidad de Grilletes Crosby

G-209 / S-209 Screw Pin Anchor Shackles



Nominal Size (in.)	Working Load Limit (t)*	Stock No.			Weight Each (kg)	Dimensions (mm)												Tolerance + / -	
		G-209	S-209	G-209OC		A	B	C	D	E	F	G	H	L	M	P	C	A	
3/16	1/3	1018357	—	—	.03	9.65	6.35	22.4	4.85	15.2	14.2	24.9	37.3	4.06	28.4	4.85	1.50	1.50	
1/4	1/2	1018375	1018384	—	.05	11.9	7.85	28.7	6.35	19.8	15.5	32.5	46.7	4.85	35.1	6.35	1.50	1.50	
5/16	3/4	1018393	1018400	—	.09	13.5	9.65	31.0	7.85	21.3	19.1	37.3	53.0	5.60	42.2	7.85	3.30	1.50	
3/8	1	1018419	1018428	—	.14	16.8	11.2	36.6	9.65	26.2	23.1	45.2	63.0	6.35	51.5	9.65	3.30	1.50	
7/16	1-1/2	1018437	1018446	—	.17	19.1	12.7	42.9	11.2	29.5	26.9	51.5	74.0	7.85	60.5	11.2	3.30	1.50	
1/2	2	1018455	1018464	—	.33	20.6	16.0	47.8	12.7	33.3	30.2	58.5	83.5	9.65	68.5	12.7	3.30	1.50	
5/8	3-1/4	1018473	1018482	1262219	.62	26.9	19.1	60.5	16.0	42.9	38.1	74.5	106	11.2	85.0	17.5	6.35	1.50	
3/4	4-3/4	1018491	1018507	1262228	1.07	31.8	22.4	71.5	19.1	51.0	46.0	89.0	126	12.7	101	20.6	6.35	1.50	
7/8	6-1/2	1018516	1018525	1262237	1.64	36.6	25.4	84.0	22.4	58.0	53.0	102	148	12.7	114	24.6	6.35	1.50	
1	8-1/2	1018534	1018543	1262246	2.28	42.9	28.7	95.5	25.4	68.5	60.5	119	167	14.2	129	26.9	6.35	1.50	
1-1/8	9-1/2	1018552	1018561	1262255	3.36	46.0	31.8	108	29.5	74.0	68.5	131	190	16.0	142	31.8	6.35	1.50	
1-1/4	12	1018570	1018589	1262264	4.31	51.5	35.1	119	32.8	82.5	76.0	146	210	17.5	156	35.1	6.35	1.50	
1-3/8	13-1/2	1018598	1018605	1262273	6.14	57.0	38.1	133	36.1	92.0	84.0	162	233	19.1	174	38.1	6.35	3.30	
1-1/2	17	1018614	1018623	1262282	7.80	60.5	41.4	146	39.1	98.5	92.0	175	254	20.6	187	41.1	6.35	3.30	
1-3/4	25	1018632	1018641	1262291	12.6	73.0	51.0	178	46.7	127	106	225	313	25.4	231	57.0	6.35	3.30	
2	35	1018650	1018669	—	20.4	82.5	57.0	197	53.0	146	122	253	348	31.0	263	61.0	6.35	3.30	
2-1/2	55	1018678	1018687	—	38.9	105	70.0	267	69.0	184	145	327	453	35.1	330	79.5	6.35	6.35	

Anexo V. Ficha Técnica de Kit de Pintura Jet para el Touch Up

JET PRIMER EPOXI

Imprimante epóxico modificado



DESCRIPCIÓN, VENTAJAS Y USOS

- Imprimante epóxico modificado con promotores de adherencia y pigmento inhibidor de la corrosión.
- Rápido secado, con rapidez en repintado y manipuleo.
- Excelente como shop primer (imprimante de taller), dada su alta flexibilidad para el rolado y rápido secado.
- Como imprimante sobre superficies metálicas no ferrosas, como: galvanizado, aluminio, cobre, latón, bronce, acero inoxidable, etc.
- Como shop primer sobre superficies ferrosas.

DATOS FÍSICOS

Acabado	Semi Mate	Disolvente	JET ECOPOXY 90
Color	Verde Oscuro, Gris y Rojo	Tiempo de vida útil	18 horas a 21°C
	Oxido	Resistencia a la temperatura en seco	
Componentes	Dos	Continuo	90°C
Relación de mezcla (en volumen)	4 de resina (parte A) 1 de catalizador (parte B)	Adhesión por tracción	
Curado	Evaporación de solventes y reacción química	ASTM D4541	600 – 700 Psi
Sólidos en volumen	45% ± 3%	Resistencia al Impacto	
Viscosidad		ASTM D2794	40 - 50 lb x pulg., directo
ASTM D562	80 – 84 KU	Flexibilidad Mandril Cónico	
Espesor película seca	1 – 2 mils (25 – 50 micrones)	ASTM D522	28 - 50% elongación
Número de capas	Uno	Dureza al Lápiz	
Rendimiento teórico	33.5 m ² / gal a 2 mils de espesor seco	ASTM D3363	2H
		Dureza Péndulo Persoz	
		ASTM D4366B	200 ciclos
		Abrasión Taber, 1000 ciclos, rueda C8-17, 1 Kg de peso	
		ASTM D4060	90 mg de pérdida

El rendimiento real depende de las condiciones de aplicación y del estado de la superficie.
Para mayores detalles de servicio consultar con el Departamento Técnico de QROMA.

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

- Acero nuevo
Preparación con chorro abrasivo, según norma SSPC-SP6.
- Superficie no metálica nueva
Lavado con detergente bio-degradable, similar al Deterjet 20.
- Superficie no metálica antigua
Limpieza manual mecánica, según norma SSPC-SP2 o SSPC-SP3.

La duración de la pintura depende del grado de preparación de la superficie.

MÉTODO DE APLICACIÓN

- **Equipo airless**
Similar a Graco Bulldog 30-1, boquilla 0.015" a 0.021" con filtro malla 60 con una presión de 1500 a 2000 psi.
- **Equipo convencional a presión**
Similar a Devilbiss JGA-502, boquilla 704E / 704F con regulador de presión, filtros de aceite y humedad, con una presión de atomización de 50 psi.
- **Brocha y rodillo**
Resistentes a disolventes epóxicos.

Rev. Mayo 2015
Pág. 1 de 2

JET 85MP

Epoxi poliamida amina de altos sólidos



DESCRIPCIÓN, VENTAJAS Y USOS

- Recubrimiento epóxico modificado de dos componentes, curado con aminas.
- Auto imprimante de alto espesor, compatible con una amplia gama de acabados.
- No contiene pigmentos a base de plomo.
- Se dispone en la versión formulada con óxido de hierro micáceo (MIO), que le confiere mayor impermeabilidad (**).
- Bajo VOC y alto contenido de sólidos, lo cual reduce la posibilidad de poros o solvente atrapado entre capas
- Compatible para amplia gama de acabados.
- Resiste salpicadura de soluciones ácidas, alcalinas y de solventes, vapores ácidos y agua.
- Usado en protección de cascos, superestructura, tanques de lastre y bodegas de embarcaciones de todo tipo.
- Para protección de acero estructural y tuberías en todo tipo de ambiente industrial y marino.
- Como primer, capa intermedia o acabado en protección de interior de tanques que contengan soluciones alcalinas, petróleo, combustibles, agua de desecho y ciertos productos químicos.

DATOS FÍSICOS

Acabado	Semi Mate	Resistencia a la temperatura en seco	
Color	Según cartilla	Continuo	93°C
(*) Amarillos, naranja y rojos pueden requerir fondo.		Intermitente	121°C
(**) El Jet 85MP MIO sólo se fabrica en color gris.		Adhesión por tracción	
Componentes	Dos	ASTM D4541	1000 Psi
Relación de mezcla (en volumen)	1 de resina (parte A) 1 de catalizador (parte B)	Resistencia al Impacto	
Curado	Evaporación de solventes y reacción química	ASTM D2794	30 - 40 lb x pulg., directo
Sólidos en volumen	85% ± 3%	Flexibilidad Mandril Cónico	
VOC	118 g/lit	ASTM D522	8% - 10% elongación
Espesor película seca	4 - 8 mils (100 - 200 micrones)	Dureza al Lápiz	
Número de capas	Uno o Dos	ASTM D3363	5H
Rendimiento teórico	21.1 m²/gal a 6 mils de espesor seco	Dureza Péndulo Persoz	
Disolvente	JET ECOPOXY 90	ASTM D4366B	90 ciclos
Tiempo de vida útil	1.5 horas a 21°C	Abrasión Taber a 1000 ciclos, rueda C8-17, 1 Kg de peso	
		ASTM D4060	50 mg de pérdida
		Performance en Niebla Salina	
		ASTM B117-97	> 1500 Horas

El rendimiento real depende de las condiciones de aplicación y del estado de la superficie.
Para mayores detalles de servicio consultar con el Departamento Técnico de QROMA.

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

- **Acero nuevo**
Preparación con chorro abrasivo, según norma SSPC-SP6.
- **Acero con pintura antigua**
Limpieza manual mecánica según norma SSPC-SP2 o SSPC-SP3.
Limpieza con agua a ultra alta presión (UHPWJ), según norma SSPC-SP WJ-1/WJ-2/WJ-3/WJ-4.
- **Concreto**
Limpieza según norma ASTM D4259 ("arenado") o ASTM D4260 (ataque ácido).

La duración de la pintura depende del grado de preparación de la superficie.
Para servicio de inmersión se acepta como mínimo un "chorro abrasivo" cercano al metal blanco según norma SSPC-SP10 o SSPC-SP WJ-2 en caso de mantenimiento.

MÉTODO DE APLICACIÓN

- **Equipo airless**
Similar a Graco Bulldog 30:1, boquilla 0.019" a 0.023" con filtro malla 60.

Rev. Marzo 2015
Pág. 1 de 2

JETHANE 650HS

Poliuretano de alto brillo y resistencia química



DESCRIPCIÓN, VENTAJAS Y USOS

- Poliuretano Acrílico Alifático de alta resistencia a la radiación ultravioleta.
- Acabado de secado rápido, excelente brillo y buena retención de color.
- Película dura y flexible a la vez.
- Buena resistencia a la abrasión.
- Alta resistencia a la intemperie y a diferentes tipos de ambientes corrosivos.
- Resiste salpicadura de soluciones ácidas y alcalinas, vapores ácidos, salpicadura de solventes y agua.
- Para el pintado de estructuras metálicas, exterior de tanques, maquinarias, obra muerta y cubierta de embarcaciones, etc.
- Para uso en puentes, refineries, plantas de energía eléctrica, plantas de pulpa y papel, etc.

DATOS FÍSICOS

Acabado	Brillante	Tiempo de vida útil	2 horas a 25°C
Color	Según cartilla (*)	Resistencia a la temperatura en seco	93°C
Componentes	Dos	Continúa	120°C
Relación de la mezcla (en volumen)	4 de resina (parte A) 1 de catalizador (parte B)	Intermitente	Mínimo 90 GU a 60°, excepto color aluminio mínimo 65 GU a 60°
Curado	Evaporación de solventes y reacción química	Brillo	ASTM D523
Sólidos en volumen	65% ± 3%, según color	Adhesión por tracción (sobre sistema epóxico)	ASTM D4541
VOC (mezcla)	267 - 331 g/L, según color	Resistencia al Impacto	ASTM D2794
Espesor película seca	2 - 3 mils (50 - 75 micrones)	Flexibilidad Mandril Cónico	ASTM D522
Número de capas	Uno	Dureza al Lápiz	ASTM D3363
Rendimiento teórico	48.4 m² / gal a 2 mils de espesor seco	Dureza Péndulo Persoz	ASTM D4366B
Diluyentes	JET ECOPOL para climas fríos (< 25°C) JET ECOPOL H para climas cálidos (>= 25°C) UNIPOL (universal)	Abrasión Taber a 1000 ciclos, rueda C8-17, 1 Kg de peso	ASTM D4060

(*) En color aluminio solo se fabrica en una tonalidad y de acabado "leafing". La tonalidad que se obtenga dependerá del método y técnica de aplicación utilizado, por lo que existirá diferencias si se aplica en diferentes condiciones. El rendimiento real depende de las condiciones de aplicación y del estado de la superficie. Para mayores detalles de servicio consultar con el Departamento Técnico Pinturas JET.

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

- Sobre imprimante epóxico
Limpiar para eliminar suciedad y contaminantes.

La duración de la pintura depende del grado de preparación de la superficie.

MÉTODO DE APLICACIÓN

- Equipo airless
Similar a Graco Bulldog 30:1, boquilla 0.011" a 0.017" con filtro malla 60.
- Equipo convencional a presión
Similar a Devilbiss JGA-502, boquilla 704E con regulador de presión, filtros de aceite y humedad.
- Brocha y rodillo de pelo corto
Resistentes a diluyentes epóxicos y solo para áreas pequeñas.

Rev. Mayo 2018
Pág. 1 de 2

Anexo W. Procedimiento Escrito de Trabajo

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO		
A	B	C
ACTIVIDAD	PELIGROS	MEDIDAS DE CONTROL
1. Traslado de personal, herramientas, materiales y equipos.	Operación de equipos móviles	• Mantenimiento preventivo, control de velocidad de 40 Km/h. por GPS. • Usar su cinturón de seguridad permanentemente durante el viaje. • Contar con el curso manejo defensivo y cumplir el reglamento interno de tránsito del Proyecto QUELLAVECO. • Evalúe sus riesgos: Congestión de equipos, pisos resbaladizos, falta de visibilidad, etc. • No exceder los límites permisibles de velocidad de acuerdo a la zona de tránsito respetar la señalización de velocidad del lugar. • Conductores, operador debidamente acreditado. • Difusión del PETS / JSA y elaboración del IPERC Continuo.
	Interacción hombre máquina, atropellos, lesiones en cualquier parte del cuerpo.	• Mantener distancia de hombre – equipo de 25 metros en la vía. • Manejo defensivo. • Respetar letreros donde indique los accesos peatonales, preferencia de pase. • Las vías donde hay presencia de personal ajeno deberá estarán delimitada con barricadas de madera para el tránsito peatonal así mismo presencia de vigías para controlar tránsito • Usar estacionamientos permitidos y debidamente implementados • En la zona donde se ubicarán las llantas traseras se realizará una cuneta o se colocarán más briquetas de concreto para limitar la distancia de retroceso. • El personal caminará por la parte posterior de las unidades para poder acceder a estas, está prohibido que el personal camine por delante de las unidades para abordarlas. • Cumplir el reglamento interno de tránsito del Proyecto QUELLAVECO.
	Animales en la vía	• Ante la presencia de animales en la vía, se paralizará tránsito vehicular. • Comunicar inmediatamente a la supervisión. • Está prohibido ahuyentar a los animales de la zona.

	Condiciones climáticas	• Ante condiciones climáticas de lluvia intensa, neblina, se paralizarán las actividades. • Unidades y equipos móviles contarán con neblineros y luces encendidas. • En caso de tormentas eléctricas proceder según estándar de tormentas eléctricas HSE 2.46.
	Carretera irregular.	• En los caminos internos o de acceso desde o hacia el Proyecto Quellaveco, deberá ser informado por frecuencia radial 1 “NIDO” o al teléfono de Central de Emergencias # 943652972 (053) 309044. • Elaboración de IPERC, Checklist de unidades, equipos y de herramientas. • Evaluación y autorización de ruta corta por donde se trasladará las unidades. • Para el traslado de materiales y equipos con camión grúa de 7, estas se fijarán con fajas ratchet, debidamente aseguradas seguras, luego se transportará hacia los puntos más cercanos de montaje. • Operador, conductores debidamente acreditados autorizados, manejo defensivo.
2. Modificación de estructuras metálicas	Trabajos en caliente y soldadura.	• En caso sea necesario realizar modificaciones a las estructuras metálicas se cumplirá con el estándar HSE 2.22. • Personal acreditado y capacitado para trabajos en caliente, para los trabajos de modificación de estructuras en campo. • Contar con permiso de trabajo en caliente. • Inspección de equipos de corte y soldadura. • Personal con EPP específico: Ropa de cuero, escaupines, guantes de cuero de caña larga, careta de soldador, careta para esmerilar, lentes de luna oscura, respirador de media cara con filtros para humos metálicos. • Disponibilidad de extintor de 9 kg. • Retirar o proteger todo material inflamable y combustible con mantas ignífugas. • Disponibilidad de biombos y mantas ignífugas.
	Herramientas portátiles eléctricas y punzo cortantes.	• Capacitar al personal con el procedimiento de HSE 2 .08 herramientas manuales. • Contar con herramientas manuales en buen estado y realizar inspecciones mensuales colocando la cinta del mes. • Inspección mensual de equipos y herramientas, realizar los cortes en sentido contrario del cuerpo. • Contar con herramientas de corte con sus guardas de protección y en buen estado. • Mantenimiento de herramientas y almacenamiento apropiado (no está permitido guardar amoladoras con el disco de corte en el equipo). • Todo tipo de amoladora deberá de contar con el sistema hombre muerto habilitado. • El personal que realice corte con amoladora deberá estar fuera de la línea de fuego de los discos de la amoladora.

3. Descarga de materiales y equipos con camión grúa de 7 tn.	Trabajo bajo carga suspendida, aplastamiento del personal, rompimiento de eslingas, lluvias, carga descontrolada por vientos.	• Operador de camión grúa certificado y calificado para la operación del equipo. • Rigger autorizado, acreditado y calificado. • Tanto el operador y rigger deberán contar con las certificaciones respectivas para operar y dirigir. • El camión grúa y los aparejos de izaje deberán contar con las certificaciones respectivas. • Difusión del JSA y elaboración del IPERC Continuo. • Demarcación de áreas de influencia de izaje con conos de seguridad y barras extensibles de color rojo a 1.5 veces la altura del brazo articulado. • Verificación del área de trabajo a nivel de piso y altura para evitar posibles interferencias en la maniobra de izaje. • Terreno compactado y nivelado, estabilizadores completamente extendidos. • Coordinación entre rigger y operador de camión grúa. • Inspección de carga, aparejos y elementos de izaje. • Proteger las eslingas de posibles cortes de los materiales. • Se deberá considerar el anemómetro para medir la velocidad del viento y cuando se exceda la velocidad predeterminada del viento de 32 KM/H, se paralizará las actividades de izaje. • Uso de vientos para evitar movimientos involuntarios de la carga. • No deberá exponerse a la línea de fuego de la carga suspendida, ni exponerse a puntos de apriete o pellizco de manos y pies.
4. Transporte manual de los estructuras, equipo y herramientas	Golpes, caída en mismo nivel, resbalones, caídas atrapamiento de manos y pies, postura inadecuada, cortes.	• No exponerse a puntos de apriete o pellizco de manos y pies. • Mantener el acceso para el traslado de perfiles y equipos despejado para evitar accidentes. • El personal no deberá sobrepasar el límite de carga de 25 kg/persona, en caso sea necesario se pedirá ayuda a otro compañero. • Usar guantes de cuero en todo momento. • Realizar el procedimiento adecuado para levantar cargas.
5. Montaje de pluma de Izaje de 18 metros de altura.	Trabajo bajo carga suspendida, aplastamiento del personal, rompimiento de eslingas, lluvias y tormentas eléctricas, carga descontrolada por vientos.	• Para la instalación de la torre de comunicación se instalará una pluma de izaje con peso de 180 kg en eje de la ubicación de la torre de comunicación. • Instalación de equipos debidamente inspeccionados para el arriostamiento de pluma con 4 tirfor de 1.5 ton en los extremos a 25 metros aproximadamente. • Demarcación de áreas de influencia de izaje con conos de seguridad y barras extensibles de color rojo a 1.5 veces la altura de la pluma. • Nadie estar debajo de la carga suspendida durante la maniobra de izaje de levante de torre. • Se utilizarán cáncamos para el aseguramiento de la pluma, cáncamos de 2 pulgadas de diámetro los que se clavarán al terreno natural con una profundidad de 80 centímetros. • Para evitar la protección de partículas metálicas metal con metal, en la instalación de cáncamos se empleará comba de berilio de 22 lb.

		• Se deberá contar con el permiso de excavación – perforación para las instalaciones de cáncamos. según aplique en la zona de montaje de la torre.
6. Pre-ensamble y montaje de torre y estructuras de los paneles solares con pluma de izaje (Primera, Segunda y tercera sección)	Golpes, caída en mismo nivel, resbalones, caídas atrapamiento de manos y pies, postura inadecuada, cortes.	• El pre-ensamble de los cuerpos de la torre se realizará a nivel de piso, el personal no deberá sobrepasar el límite de carga de 25 kg/persona, en caso sea necesario se pedirá ayuda a otro compañero. • Uso de guantes permanentemente. • Capacitar al personal con el procedimiento de HSE 2 .08 herramientas manuales. • La zona de pre-ensamble deberá estar delimitada según estándar HSE 2.07. • No exponer las manos a puntos de apriete de las estructuras de las torres, uso de guantes permanentemente.
	Trabajo bajo carga suspendida, aplastamiento del personal, rompimiento de eslingas, lluvias y tormentas eléctricas, carga descontrolada por vientos.	• Se procederá a realizar el levante de las secciones de los segmentos de la torre con apoyo de la pluma de izaje de 3 ton de capacidad, prevista de un winche de izaje de 5 ton operada por personal competente. • Se contará con plan de izaje para la pluma de izaje previamente antes de realizar cualquier montaje con el equipo. • Se contra en campo con JSA; IPERC Continuo y Check list. • Durante el levante de las secciones con pluma de izaje, nadie estará debajo de la carga suspendida. • Se usará dos vientos como guía de levante con la pluma de izaje de los elementos estructurales, considerando el distanciamiento de la carga suspendida. • Demarcación de áreas de influencia de izaje con conos de seguridad y barras extensibles de color rojo a 1.5 veces la altura de la pluma. • Se deberá inspeccionar los EPP para el personal liniero diariamente (arnés de liniero, línea de vida con gancho, correa de posicionamiento, correa antitrauma) y los accesorios de izaje. • Los equipos deben cumplir las certificaciones, así como el estándar HSE 2.05. • Las correas de anclaje deberán estar protegidas, inspeccionadas y certificadas. • Certificación de o los empleados que ha recibido formación en montaje de torres. • Se deberá contar con procedimiento de emergencia en caso de rescate en altura. Así mismo activar el procedimiento en caso de emergencias del cliente, deberá ser informado por frecuencia radial 1 “NIDO” o al teléfono de Central de Emergencias # 943652972 (053) 309044. • Se seguirá el estándar HSE 2.43 Montaje de acero estructural / trabajo bajo la carga: rutas para las cargas suspendidas, ningún trabajador estará debajo de la carga suspendida, excepto cuando el trabajador está involucrado en la conexión inicial o para enganchar o desenganchar la carga. • Material izado debidamente aparejado y evitar movimientos involuntarios. • Las cargas no serán liberadas hasta que la persona competente determine un mínimo de 30 % de pernos, así como los refuerzos diagonales. • Se deberán inspeccionar todos los elementos de izaje de la pluma (winche eléctrico, grilletes, fajas de anclaje etc).

		• En la conexión de estructuras el personal no ingresara manos ni dedos en zonas de unión de estructuras y/o ajuste de pernos para ello se emplearán punzones para fijar las estructuras antes del empernado y conexión de estructuras. • Para la instalación de materiales con peso aproximados de 40 – 50 Kg, se izarán con polea y cuerdas de 3/8” para el levante y ensamble de los elementos estructurales en la torre de comunicación, ningún personal se expondrá debajo de la carga suspendida ni en la línea de fuego de puntos de apriete y golpe durante el izaje. • Se usarán vientos para direccionar la carga.
	Escalamiento de torres, trabajo en altura del personal, caída a distinto nivel, golpes, fracturas, lesiones graves y muerte.	• Personal deberá ser capacitado y acreditado. • Personal con examen de suficiencia médica para trabajos en altura. • Inspección del equipo contra caídas, arnés de liniero, línea de anclaje con absorbedor de impacto. • Se deberá verificar los EPP específicos como: estrobo de posicionamiento, arnés. • Se deberá contar con un procedimiento de emergencia en caso de rescate en altura. • El kit de rescate en altura deberá estar disponible permanentemente en el área de trabajo. • Para el posicionamiento sobre estructuras, se deberá hacer un análisis de riesgo en campo con construcción y HSE. (Puntos de anclaje sobre el hombre, uso de fajas conectoras y líneas de posicionamiento. • Se indicará las dimensiones de los perfiles donde se posicionará y anclará el personal, el personal liniero usara su doble línea de anclaje con ganchos extragrande donde es posible el anclaje en los perfiles para el ascenso y descenso del personal, así mismo el uso de su correa de posicionamiento. • Para el escalamiento de la torre, el personal usara los arriostres de la torre debidamente anclado con arnés de liniero, correa de anclaje, tambor retráctil, línea doble con absorbedor de impacto (dependiendo de la distancia de caída). Así mismo la torre en su diseño cuenta con escalera metálica que se usara en la medida que se van montando los niveles estructurales de la torre.
	Cercanía a Líneas Eléctricas Adyacentes, muerte, electrocución.	• En caso se observe presencia de líneas eléctricas energizadas se cumplirá con el estándar HSE 2.54 • Previo a realizar el trabajo se deberá contar con la autorización de la supervisión y los permisos requeridos. • Personal entrenado y capacitado • Se evaluará el distanciamiento entre la línea eléctrica y la pluma de izaje a instalar en la torre de tal manera cumpla la distancia permitida según nivel de tensión. • Se hará coordinaciones con supervisión y dueño de área para solicitar los permisos y firmas correspondientes. • De restringirá el área con la demarcación de áreas de influencia según estándar HSE 2.07.

	Manipulación de objetos y herramientas en altura, caída de herramientas, aplastamientos.	• Las herramientas serán izadas mediante sogas y bolsa portaherramientas. • Toda herramienta empleada en altura se mantendrá amarrados con drizas a estructuras rígidas fijas. • Pernos no utilizados se mantendrán en una bolsa o balde amarrada para evitar su volteo repentino. • Herramientas como llaves, deberán estar sujetas por las muñecas del montajista. • Demarcación de áreas a niveles inferiores con conos de seguridad y barras expansibles rojas con letreros que adviertan la caída de objetos en altura.
	Vientos fuertes	• Se paralizará trabajos cuando se presente un clima adverso desfavorable. • Se deberá tener en campo un anemómetro para medir la velocidad de los vientos. • Se paralizarán los trabajos de montaje y altura cuando los vientos superen la velocidad de 32 Kh/h del viento.
	Radiación ultravioleta	• Usar bloqueador solar mínimo factor 50 UV. • Brindar recipientes y contenedores de agua. • Uso de cortavientos.
	Trabajos sobre escaleras, resbalar	• Serán instalados por dos personas usando escalera tipo tijera. • Las escaleras deberán ser aseguradas por una persona y debidamente inspeccionadas. • Está prohibido usar los tres últimos peldaños de la escalera tijera. • En caso se requiera, personal usara arnés, tambor retráctil, correa de posicionamiento instalado en la zona alta de la estructura soporte. • Personal capacitado para trabajos en altura • Los paneles se instalarán por medio de pernos, tuercas y volandas, nadie expondrá los dedos y manos a puntos de pellizco y apriete. • Uso permanente de guantes de protección. • Demarcación de área en el nivel de piso, nadie se expondrá debajo de los paneles durante su instalación. • Se deberá contar con permiso en altura, iperc continuo y JSA en campo. • Se deberá verificar los EPP específicos como: arnés, casco, barbiquejo.
7. Torqueo de pernos y Resane de estructura.	Escalamiento de torres, trabajo en altura del personal, caída a distinto nivel, golpes, fracturas, lesiones graves y muerte.	• Personal deberá ser capacitado y acreditado. • Se deberá requerir de personal acreditado para trabajos en altura • Personal con examen de suficiencia médica para trabajos en altura. • Inspección de equipo contra caídas, arnés de liniero, línea de anclaje con absorbedor de impacto. • Se deberá verificar los EPP específicos como: estrobos de posicionamiento, casco, barbiquejo. • Se deberá contar con un procedimiento de emergencia en caso de rescate en altura. • El kit de rescate en altura deberá estar disponible permanentemente en el área de trabajo. • Para el escalamiento de la torre, el personal usara los tijerales de la torre debidamente anclado con arnés de liniero, correa de anclaje, tambor retráctil, línea doble con absorbedor de impacto (dependiendo de

		la distancia de caída). Así mismo la torre en su diseño cuenta con escalera metálica que se usará en la medida que se van montando los niveles estructurales de la torre.
	Manipulación herramientas neumáticas y mecánicas en altura.	• Las conexiones neumáticas deberán contar con lazos de seguridad y con acople rápido. • Se deberán inspeccionar las mangueras y conexiones diariamente. • Contar con herramientas de poder en buen estado y realizar inspecciones mensuales colocando la cinta del mes. • Todas las herramientas neumáticas deberán ser inspeccionadas según estándar HSE 2.04 y deberá contar con la cinta del mes respectivo. • Deberán estar aseguradas con driza permanentemente. • Demarcación de áreas a niveles inferiores con conos de seguridad y barras expansibles rojas con letreros que adviertan la caída de objetos en altura demarcación será según la razón H (altura de trabajo) $/2 + 1$ = Radio de demarcación. • Pernos no utilizados se mantendrán en una bolsa o balde amarrada para evitar su volteo repentino. • Herramientas como llaves, deberán estar sujetas por las muñecas del montajista.
	Vientos Fuertes	• Se paralizará trabajos cuando se presente un clima adverso desfavorable. • Se deberá tener en campo un anemómetro para medir la velocidad de los vientos. • Se paralizarán los trabajos de montaje y altura cuando los vientos superen la velocidad de 32 Km/h del viento.
	Exposición a radiación solar UV	• Usar bloqueador solar mínimo factor 50 UV. • Dotación de agua para beber debidamente instalados cumpliendo los requisitos de higiene y salud • Uso de cortavientos
	Exposición a productos químicos	• Para el resane de la estructura (pintura) se deberá disponer con la hoja MSDS o FDS del producto químico a usar. • El personal deberá hacer uso de guantes de jébe o nitrilo, así como mameluco descartable. • Se contará con Kit antiderrame de productos químicos. • Se contará con difusión de productos químicos a usar.

8. Orden y Limpieza	Generación y disposición de residuos no peligrosos	• Al inicio del trabajo el supervisor designa el área en la que se depositaran los residuos que se vayan generando: materiales metálicos, residuos de productos químicos, material impregnado con productos químicos, escombros sanos, trozos de madera, etc. • A medida que se va realizando las diferentes tareas, los operarios irán depositando de manera separada todos los residuos generados en la zona designada por el supervisor, la cual además deberá ser demarcada con malla plástica color anaranjado. De este modo se garantizará el orden y limpieza en el punto de trabajo. • Una vez que se haya culminado el trabajo o que la cantidad de residuos haya llenado el área designada para su almacenamiento temporal, el supervisor dará la orden de que estos sean trasladados al Patio de Residuos de Medio Ambiente de Quellaveco. • Los operarios cargarán los residuos en la tolva del camión de la organización, conservando la separación de los residuos. • En la medida de lo posible todos los residuos deberán ser almacenados en saquillos o embaces de plástico para su mejor traslado. • Todos los trabajadores que intervengan en el traslado de los residuos deberán llevar el siguiente EPP obligatoriamente. • El conductor del vehículo que transporta los residuos deberá contar con 2 operarios que le ayuden descargar el material en las canchas designadas. • Una vez ubicados en el Patio de Residuos de Medio Ambiente de Quellaveco, se deberá esperar turno y autorización del personal de seguridad del lugar para el ingreso a las instalaciones. • Finalizada la disposición de todos los residuos, el conductor del vehículo deberá registrar las cantidades en kg de todos los tipos de residuos dispuestos.
---------------------	--	---

Fuente: Elaboración Propia

Anexo X. Plan de Seguridad

Tarea	Peligro	Riesgo	S	P	R	MEDIDAS DE CONTROL					S	P	R
						Eliminación	Sustitución	Ingeniería	Administrativo	EPP			
Transporte de equipos, herramientas en camión grúa.	Tránsito vehicular a excesiva velocidad, pistas en mal estado.	Atropellos o colisión volcaduras.	2	C	8			Control de velocidad de 40 km/hr, manejar con luces encendidas.	Iper continuo Check List grúa Capacitación manejo defensivo.		2	D	12
Modificación de estructuras en campo.	Herramientas y equipos en mal estado y punzocortantes.	Atrapamientos de manos, golpes, lesiones graves, cortes.	3	C	13				Personal con capacitación "herramientas manuales" y previa inspección.	Uso de EPP básico (guantes de cuero, lentes, casco, etc)	4	C	18
	Soldadura, destello de partículas y exposición al humo.	Pérdida de visión, cataratas, irritación ojos nariz y las vías respiratorias.	2	D	12			Uso de biombos y manta ignífuga.	Check list de máquinas de soldar, utilizar las hojas MSDS de los electrodos.	Utilizar ropa de cuero careta de soldar, respirador antigas más filtro.	3	D	17
Descarga de materiales y equipos con camión grúa.	Falta de delimitación de área de izaje.	Exposición en áreas de peligro	2	C	8			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.			2	D	12
	Cargas suspendidas	Caída de cargas, aplastamientos, y fracturas.	3	B	9			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.	Check list de grúas inspección accesorios de izaje, iper continuo.	Uso de EPP básico específicos	3	C	13

Transporte manual de los estructuras, equipo y herramientas.	Condiciones ergonómicas inadecuados, movimientos bruscos.	Lumbalgia, dolor de la espalda y problemas musculares.	3	C	13				No exceder el peso máximo de 25 kg por persona y trabajar entre dos personas.	Uso de EPP básico (guantes de cuero).	3	D	17
	Objetos o superficies punzocortantes.	Cortes profundos, golpes.	4	C	18				Señalización.	Usar EPP básico (guantes de cuero).	5	C	22
	Obstáculos en el acceso del transporte del personal.	Tropiezo, golpes, lesiones, fractura.	4	B	14	Retirar toda interferencia en el acceso, orden y limpieza.				Usar EPP básico.	4	C	18
Instalación de cáncamos.	Proyección de partículas.	Incrustación de esquirlas en los ojos, cortes en la piel.	2	D	12		Utilizar comba de berilio antichispa.		Iper continuo,	Uso de EPP básico, ropa de cuero, careta y limpieza epp	2	E	16
	Usar manualmente combas de 20 lb	Contusiones, golpes, lesiones leves, fracturas.	2	D	12		Utilizar soportes adicionales.		Check list de equipos y herramientas, iper continuo.	Uso de EPP básicos (guantes de cuero)	3	D	17
Montaje de pluma de izaje.	Falta de delimitación de área de izaje.	Exposición en áreas de peligro	2	C	8			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.			2	D	12
	Cargas suspendidas en maniobras de izaje.	Caída de cargas, aplastamientos, y fracturas.	3	B	9			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.	Check list de grúas inspección accesorios de izaje, iper continuo.	Uso de EPP básico (casco).	3	C	13

	Escalamiento del personal	Caída a distinto nivel, contusiones, fracturas, muerte e incapacidad.	2	C	8			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.	Anclarse en todo momento, permiso de trabajo en altura, iper continuo, inspección de arnés, herramientas y equipos colocar la señalización	Uso de EPP básico, arnés, estrobo, línea doble de anclaje.	2	D	12
Pre-ensamble de estructuras de torre y paneles solares.	Condiciones ergonómicas inadecuados, movimientos bruscos.	Lumbalgia, dolor de la espalda y problemas musculares.	3	C	13				No exceder el peso máximo de 25 kg por persona y trabajar entre dos personas.	Uso de EPP básico (guantes de cuero).	3	D	17
	Manipulación de estructuras en piso.	Atrapamientos de manos y pies, golpes.	4	C	18				No exceder el peso máximo de 25 kg por persona y trabajar entre dos personas.	Uso de EPP básico (guantes de cuero).	5	C	22
Montaje de torre y	Falta de delimitación de área de izaje.	Exposición en áreas de peligro.	2	C	8			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.			2	D	12
	El winche de izaje sin guarda de protección.	Atrapamiento, golpes, cortes y contusiones.	3	C	13			Colocar guarda de en la zona rotativa.	Check de list de winche de izaje, iper continuo	Uso de EPP básico (guantes de cuero).	3	D	17
	Fuga y derrame de líquidos, aceites, combustible, refrigerantes.	Contaminación el suelo, quemaduras, explosión e incendios.	3	D	17	Limpiar los derrames del combustible con trapo industrial.		Utilizar bandejas antiderrames, kit antiderrame, extintor. Mantenimiento	Utilizar las hojas MSDS del combustible.	Uso de EPP básico, traje tyvet (guantes de nitrilo).	4	D	21

estructura de paneles solares	Cargas suspendidas y maniobras de izaje.	Caída de cargas, aplastamientos, y fracturas.	3	B	9			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.	Inspección accesorios de izaje, iper continuo.	Uso de EPP básico (casco).	3	C	13
	Escalamiento del personal en torre de comunicación.	Caída a distinto nivel, contusiones, fracturas, muerte e incapacidad.	2	C	8			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.	Anclarse en todo momento, permiso de trabajo en altura, iper continuo, inspección de arnés, herramientas y equipos colocar la señalización	Uso de EPP básico, arnés, estrobo, línea doble de anclaje.	2	D	12
	Manipulación de objetos y herramientas en altura, elementos mal asegurados	Caídas de objetos y herramientas, daños a terceros.	3	C	13			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.	Las herramientas sujetadas con driza a la mano del operario, utilizar baldes porta herramientas.	Uso de EPP básico, arnés, estrobo, línea doble de anclaje.	3	D	17
	Contacto directo o indirecto con puntos energizados en media tensión.	Electrocución, quemaduras graves y muerte.	2	C	8	Realizar los trabajos a más de 10 de metros.			Permiso de riesgo eléctrico, utilizar señalización adecuada.	Uso de EPP básico.	2	D	12
	Condiciones climáticas como tormentas eléctricas y radiación UV	Electrocución, quemaduras graves, lesiones por radiación y daños a la piel.	2	C	8	Suspender las tareas, retirarse de la zona de trabajo.			Usar unidades de transporte como refugio, atentos a las alertas de clima en la radio y detector portátil		2	D	12
	Ruido debido a máquinas o equipos en niveles superiores a los permitidos	Hipoacusia	3	C	13					Uso de EPP básico, utilizar doble protección auditivo.	3	D	17

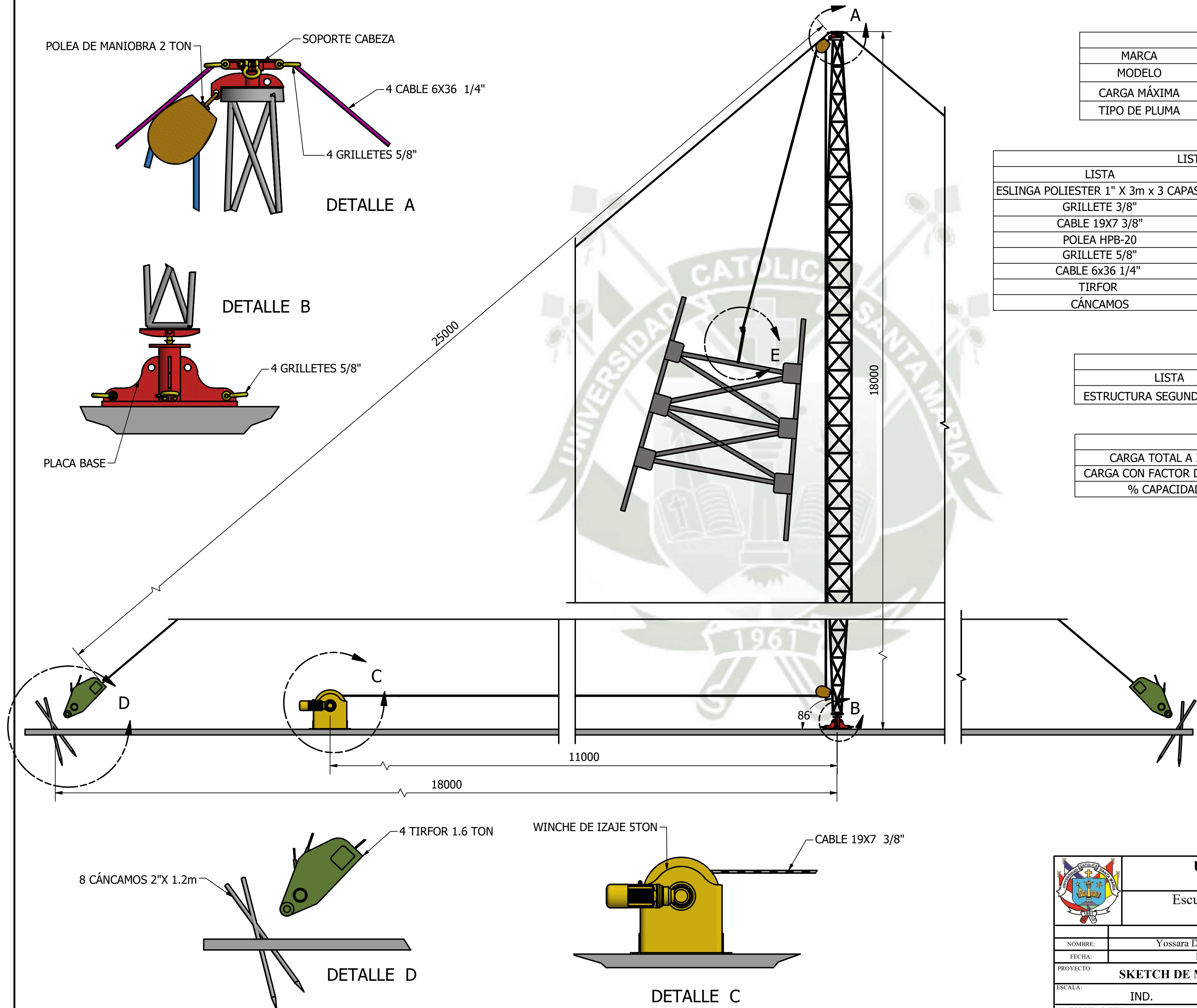
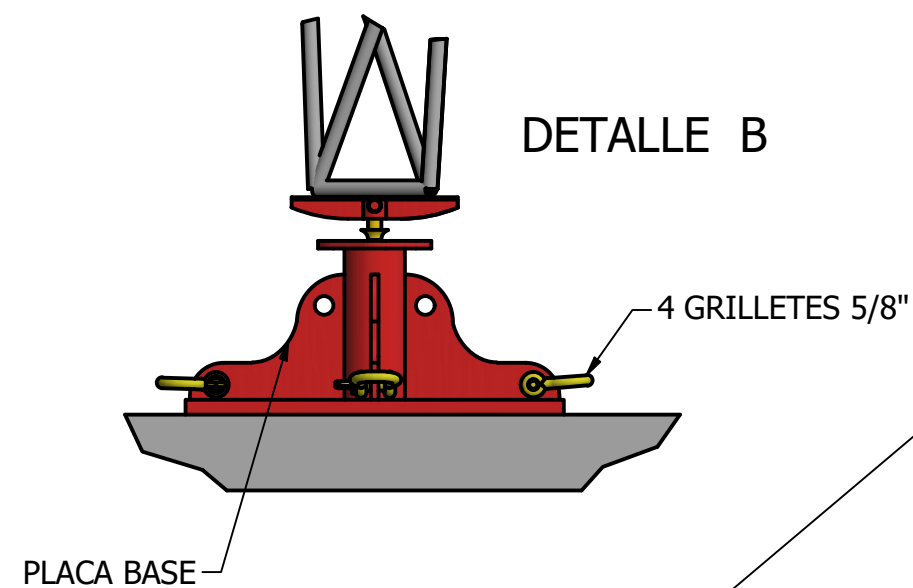
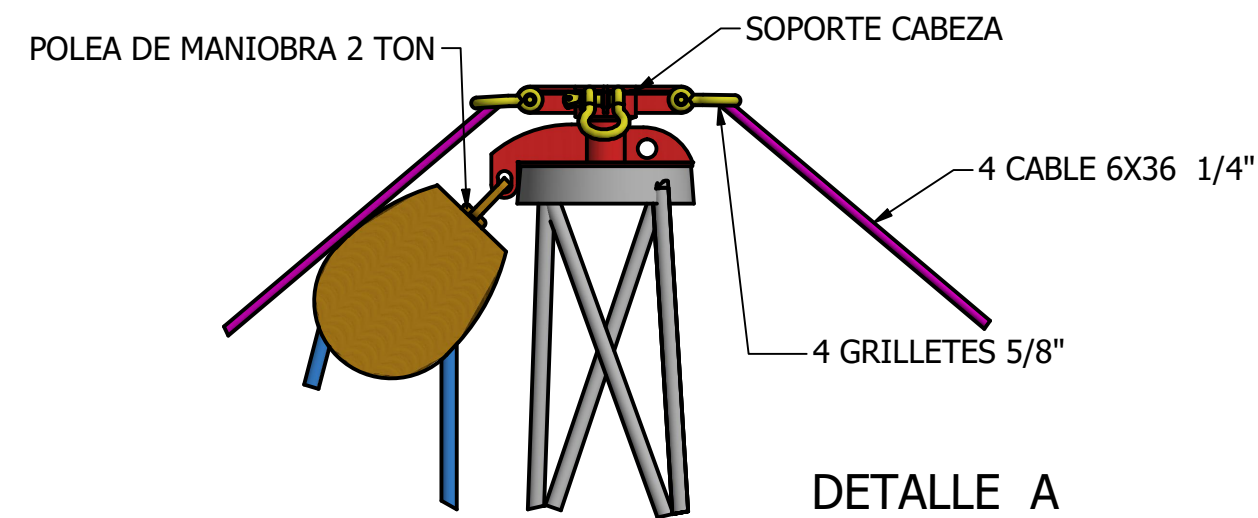
Torqueo de pernos.	Escalamiento del personal en torre de comunicación.	Caída a distinto nivel, contusiones, fracturas, muerte e incapacidad.	2	C	8			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.	Anclarse en todo momento, permiso de trabajo en altura, iper continuo, inspección de arnés, herramientas y equipos colocar la señalización	Uso de EPP básico, arnés, estrobo, línea doble de anclaje.	2	D	12
	Manipulación de objetos y herramientas en altura, elementos mal asegurados.	Caídas de objetos y herramientas, daños a terceros.	3	C	13			Demarcación de área con conos de seguridad y cinta roja.	Las herramientas sujetadas con driza a la mano del operario, utilizar baldes porta herramientas, iper continuo	Uso de EPP básico, arnés, estrobo, línea doble de anclaje.	3	D	17
	Ruido debido a máquinas o equipos en niveles superiores a los permitidos.	Hipoacusia	3	C	13					Uso de EPP básico, utilizar doble protección auditivo.	3	D	17
	Fuga y derrame de líquidos inflamables como gasolina y petróleo.	Contaminación el suelo, quemaduras, explosión e incendios.	3	D	17			Utilizar bandejas antiderrames, kit antiderrame, extintor.	Utilizar las hojas MSDS del combustible.	Uso de EPP básico, traje tyvet (guantes de cuero).	4	D	21
Resane de pintura de las estructuras.	Derrame, inhalación, salpicaduras.	Lesiones oculares y dermatológicas, conjuntivitis, contaminación de suelo, incapacidad.	3	D	17			Utilizar bandejas antiderrames, kit antiderrame.	Utilizar las hojas MSDS de la pintura, tener el procedimiento de pintura en la zona de trabajo, realizar iper continuo	Uso de EPP básico, traje tyvet, respirador con filtro, arnés, línea de vida, estrobo (guantes de nitrilo).	4	D	21

Orden y limpieza	Generación y disposición de residuos no peligrosos	Contaminación de suelo, infecciones y enfermedades.	4	D	21				Realizar una correcta segregación de residuos sólidos, realizar el iper continuo	Uso de EPP básico.	5	D	24
------------------	--	---	---	---	----	--	--	--	--	--------------------	---	---	----

Fuente: Elaboración Propia



SKETCH DE MANIOBRA DE IZAJE PLUMA Y WINCHE

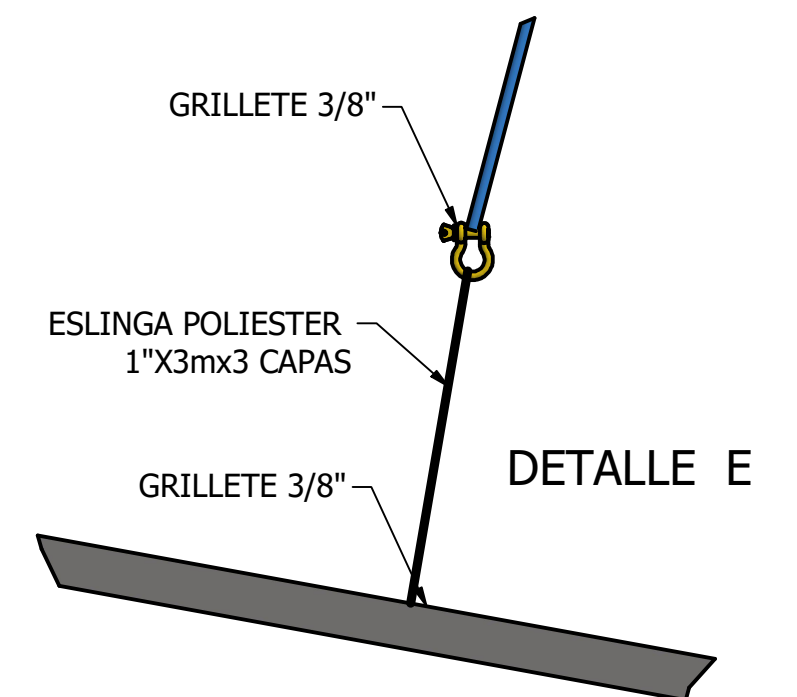


DETALLE DE PLUMA DE IZAJE			
MARCA	TESMEC	LONGITUD PLUMA	24m
MODELO	FAL-100	LONGITUD PLUMÍN	N/A
CARGA MÁXIMA	3.8 TON	PESO PLUMA IZAJE	180 KG
TIPO DE PLUMA	MÁSTIL	RADIO MÁXIMO	22.5m

LISTA DE ACCESORIOS RIGGING					
LISTA	CAPACIDAD	CARGA	LONGITUD	CANTIDAD	PESO TOTAL
ESLINGA POLIESTER 1" X 3m x 3 CAPAS	1542 kg	600 kg	3m	1	5 kg
GRILLETE 3/8"	1000 kg	600 kg	-	2	1 kg
CABLE 19X7 3/8"	5062 kg	600 kg	38m	1	13.68 kg
POLEA HPB-20	2000 kg	600 kg	-	2	20 kg
GRILLETE 5/8"	3025 kg	-	-	8	4 kg
CABLE 6x36 1/4"	2795 kg	930 kg	25m	4	17 kg
TIRFOR	1450 kg	930 kg	-	4	48 kg
CÁNCAMOS	-	930 kg	1.2m	8	15 kg

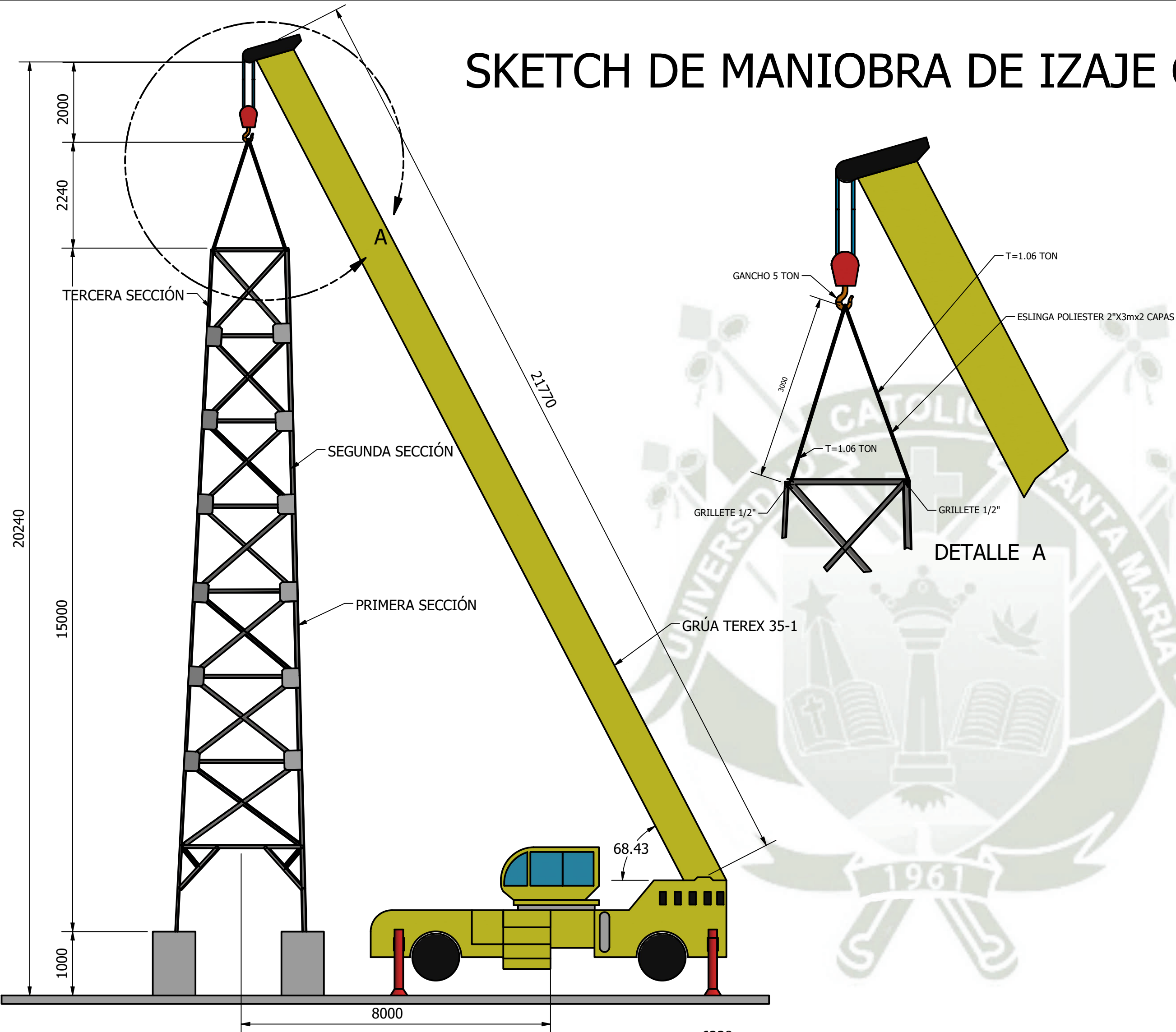
DETALLE DE LA CARGA				
LISTA	CAPACIDAD	CARGA	CANTIDAD	PESO TOTAL
ESTRUCTURA SEGUNDA SECCIÓN	-	1500 kg	1	1500 kg

CAPACIDAD GRÚA SEGUNDA SECCIÓN			
CARGA TOTAL A IZAR	755.58 KG	RADIO DE TRABAJO	1m
CARGA CON FACTOR DE CARGA	930 KG	LONGITUD DE PLUMA	18m
% CAPACIDAD	25.5%	ÁNGULO DE TRABAJO	86°



	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA			
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Mecánica Eléctrica y Mecatrónica			
	DIBUJO:		REVISO:	
NOMBRE:	Yossara Dayana Díaz Tejada		Ing. Augusto Cáceres	
FECHA:	12/07/2021		28/03/2022	
PROYECTO:				
SKETCH DE MANIOBRA DE IZAJE CON PLUMA Y WINCHE				
ESCALA:	IND.	PLANO No:	PL- 001	REVISION:
			0	 
NOMBRE DEL ARCHIVO:				
A1 - 01B00001 - 19 - 101				A2

SKETCH DE MANIOBRA DE IZAJE GRÚA TELESCÓPICA



DETALLE DE LA CARGA				
LISTA	CAPACIDAD	CARGA	CANTIDAD	PESO TOTAL
ESTRUCTURA PRIMERA SECCIÓN	-	2000 kg	1	2000 kg
ESTRUCTURA SEGUNDA SECCIÓN	-	1500 kg	1	1500 kg
ESTRUCTURA TERCERA SECCIÓN	-	1200 kg	1	1200 kg
GANCHO	5000 kg	4700 kg	1	50 kg

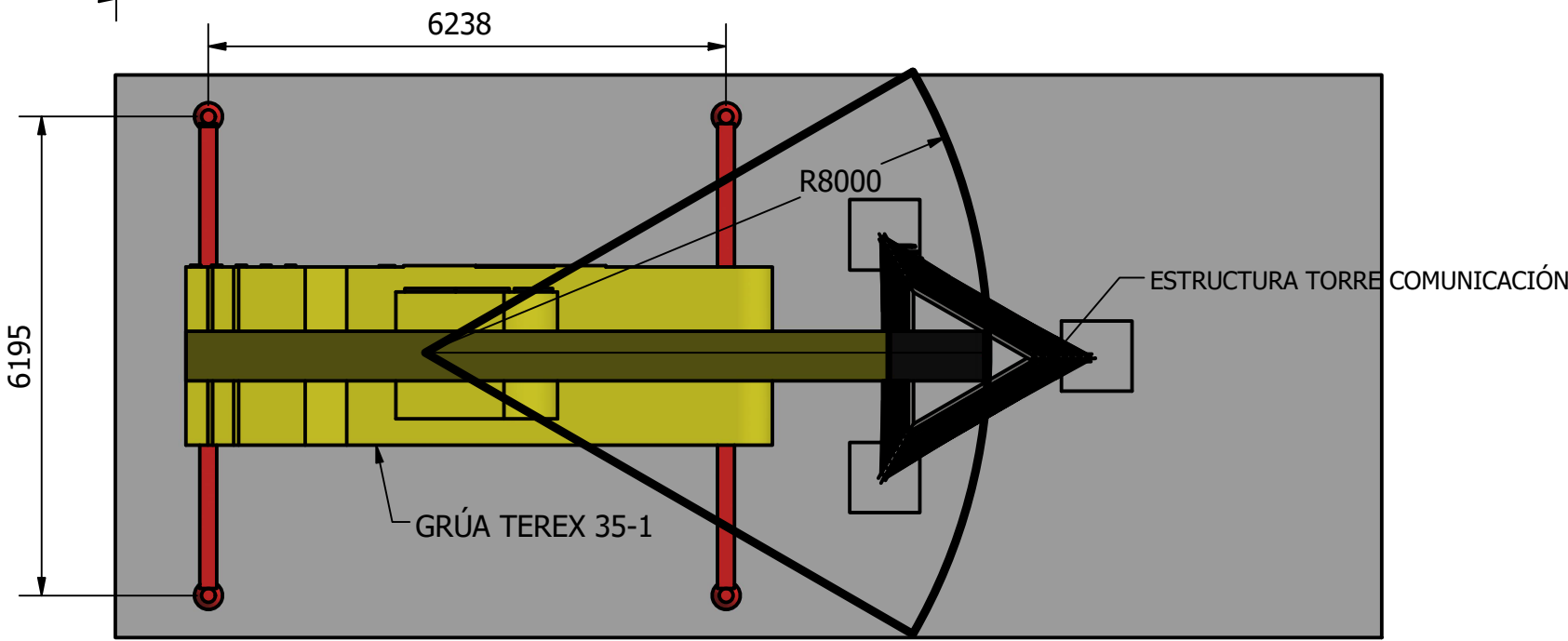
LISTA DE ACCESORIOS RIGGING				
LISTA	CAPACIDAD	CARGA	CANTIDAD	PESO TOTAL
ESLINGAS POLIESTER 2" X 3m x 2 CAPAS	2000 kg	1060 kg	3	15 kg
GRILLETES 1/2"	2000 kg	1060 kg	3	12 kg

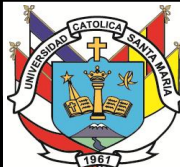
DETALLE DE LA GRÚA			
MARCA	TEREX	LONGITUD PLUMA	30.1 m
MODELO	35-1	LONGITUD PLUMÍN	N/A
CARGA MÁXIMA	35 TON	PESO GRÚA	24620 KG
TIPO PLUMA	TELESCÓPICA	RADIO MÁXIMO	27 m

CAPACIDAD GRÚA PRIMERA SECCIÓN			
CARGA TOTAL A IZAR	2077 KG	RADIO DE TRABAJO	8m
CARGA CON FACTOR DE CARGA	2500 kg	LONGITUD DE PLUMA	13m
% CAPACIDAD	26.5%	ÁNGULO DE TRABAJO	52°

CAPACIDAD GRÚA SEGUNDA SECCIÓN			
CARGA TOTAL A IZAR	1577 KG	RADIO DE TRABAJO	8m
CARGA CON FACTOR DE CARGA	1900 kg	LONGITUD DE PLUMA	17.21 m
% CAPACIDAD	20.9%	ÁNGULO DE TRABAJO	65.07°

CAPACIDAD GRÚA TERCERA SECCIÓN			
CARGA TOTAL A IZAR	1277 KG	RADIO DE TRABAJO	8m
CARGA CON FACTOR DE CARGA	1600 kg	LONGITUD DE PLUMA	21.77m
% CAPACIDAD	19.3%	ÁNGULO DE TRABAJO	68.43°



	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	
Escuela Profesional de Ingenieria Mecanica	Mecanica Electrica y Mecatronica	
DIBUJO:	Yossara Dayana Diaz Tejada	REVISO:
NOMBRE:	Yossara Dayana Diaz Tejada	Ing. Augusto Cáceres
FECHA:	12/07/2021	28/03/2022
PROYECTO:	SKETCH DE MANIOBRA DE IZAJE CON GRÚA TELÉSCOPICA	
ESCALA:	IND.	PLANO No: PL- 002
NOMBRE DEL ARCHIVO:	A1 - 01B00001 - 19 - 102	0