REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Escuela de Postgrado

Maestría en Ingeniería de Mantenimiento

“APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM”

Tesis presentada por al Bachiller:

Castro Valdivia, Jorge Luis.

Para optar el Grado Académico de:

Maestro en Ingeniería de Mantenimiento.

Asesor:

Dr. Pacheco Oviedo, Abraham Arturo

Arequipa - Perú

2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ESCUELA DE POSTGRADO

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 05 de Febrero del 2020

Dictamen: 000475-C-EPG-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 000475, presentado por:

2013000101 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS

Titulado:

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM

Nuestro dictamen es:

APROBADO

0291 - TEJADA PRADELL HUGO EDILBERTO
DICTAMINADOR

1341 - TICSE VILLANUEVA EDWING JESUS
DICTAMINADOR

1842 - PACHECO OVIEDO ABRAHAM ARTURO
DICTAMINADOR

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

"Gracias a DIOS por la vida, la familia y los amigos; todos ellos son una preciosa lección que me llevan a conocerlo''.

Jorge Luis Castro Valdivia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

"Vive como si fueras a morir mañana, aprende como si fueras a vivir para siempre."

Mahatma Gandhi

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ÍNDICE

DEDICATORIA iii

RESUMEN xvii

ABSTRACT xviii

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 3

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO 3

1.1. PROBLEMA 3

1.1.1. ENUNCIADO 3

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 3

1.2.1. ÁREA Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 4

1.2.2. TIPO DE PROBLEMA 4

1.2.3. VARIABLES 4

1.2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE 4

1.2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE 5

1.2.3.3. RELACIÓN DE OPERACIÓN DE VARIABLES 5

1.2.4. INTERROGANTE BÁSICA 6

1.2.5. INTERROGANTES ESPECIFICAS 6

1.3. ANTECEDENTES 7

1.3.1. INVESTIGACIONES EN EL EXTRANJERO 7

1.3.2. INVESTIGACIONES NACIONALES 8

1.4. JUSTIFICACIÓN 10

1.5. OBJETIVOS 10

1.5.1. OBJETIVO GENERAL 10

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11

1.6. HIPÓTESIS 11

1.7. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL 11

1.7.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS 11

1.7.2. ESTRUCTURA DEL INSTRUMENTO 12

1.7.3. CAMPO DE VERIFICACIÓN 12

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.7.3.1. ÁMBITO 12
1.7.3.2. TEMPORALIDAD 12
1.7.3.3. UNIVERSO 12
1.7.3.4. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN 13
1.7.4. ESTRATEGIA DE TRABAJO 13
1.7.4.1. PROCEDIMIENTO PREVIO 13
1.7.4.2. MÉTODOS A UTILIZAR 13
1.7.5. RECURSOS NECESARIOS 13
1.7.5.1. RECURSOS HUMANOS 13
1.7.5.2. MATERIALES 14
CAPÍTULO II 15
MARCO TEÓRICO 15
2. BASES Y MARCO CONCEPTUAL DEL ESTUDIO Y SU APLICACIÓN 15
2.1. BASES NORMATIVAS 15
2.2. MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) 16
2.2.1. CONCEPTO DE RCM 16
2.2.2. DESARROLLO DEL RCM 18
2.2.3. SIETE PREGUNTAS BÁSICAS DEL RCM 20
2.2.4. LAS FUNCIONES Y LAS FALLAS FUNCIONALES 20
2.2.4.1. FUNCIONES PRIMARIAS 20
2.2.4.2. FUNCIONES SECUNDARIAS 21
2.2.5. MODOS DE FALLA Y SUS CONSECUENCIAS 21
2.2.5.1. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y SUS EFECTOS (AMFE) 22
2.2.5.2. CATEGORÍAS DE MODOS DE FALLAS 22
2.2.5.3. LAS CAUSAS RAÍZ 23
2.2.5.4. EFECTOS DE FALLA 25
2.2.5.5. FUENTES DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE FALLAS Y EFECTOS 26
2.2.5.6. CONSECUENCIAS DE FALLAS 26
2.2.5.6.1. LAS FUNCIONES OCULTAS, LAS EVIDENTES Y SUS FALLAS RELACIONADAS 27
2.2.5.6.2. CLASIFICACIÓN DE CONSECUENCIAS DE FALLA 28
2.2.5.6.3. LA SEGURIDAD Y EL MANTENIMIENTO PROACTIVO 28

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.2.5.7. EL MANTENIMIENTO PROACTIVO 31

2.2.5.7.1. LA EDAD Y EL DETERIORO 32

2.2.5.7.2. TAREAS BASADAS EN CONDICIÓN 34

2.2.5.8. POLÍTICAS DE MANEJO DE FALLOS Y DIAGRAMA DE DECISIÓN 35

2.2.5.8.1. CAMBIOS UNA SOLA VEZ 35

2.2.5.8.2. OPERAR HASTA FALLAR 36

2.2.5.8.3. LOS DIAGRAMAS DE DECISIÓN 36

2.2.5.9. INDICADORES DE EFECTIVIDAD DE MANTENIMIENTO 37

2.2.5.9.1. INDICADORES DE EFECTIVIDAD 37

2.2.6. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE RCM 38

2.2.7. GRUPOS DE REVISIÓN RCM 40

2.2.8. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN 40

2.2.9. LOGROS ESPERADOS A LA APLICACIÓN DE RCM 41

2.2.10. EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD 41

2.2.11. TAXONOMÍA DE LOS EQUIPOS 46

2.3. LA NORMA ISO/IEC 17025 47

2.3.2. ALCANCES DE LA NORMA 49

2.3.3. NUEVOS ALCANCES Y ESPECIFICACIONES DE LA NORMA. 51

2.3.4. LA CALIBRACIÓN Y EL MANTENIMIENTO 53

2.3.5. INDICADORES DE CALIBRACIÓN Y ENSAYOS RELACIONADOS A LA APLICACIÓN DE RCM. 56

2.4. EL EQUIPO DE ENSAYO DE TRACCIÓN – COMPRESIÓN 57

2.4.1. CLASIFICACIÓN 58

2.4.2. PARTES DE UNA MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS 60

2.4.3. ENSAYOS APLICABLES 62

2.4.3.1. EL ENSAYO DE TRACCIÓN 63

2.4.3.2. EL ENSAYO DE COMPRESIÓN 65

CAPITULO 3 67

ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN 67

3. ANÁLISIS ACTUAL DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES (LEM) 67

3.1. INFORMACIÓN PRIMARIA, ANÁLISIS. 67

3.1.1. UBICACIÓN 68

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.1.2. VISIÓN Y MISIÓN 70

3.1.3. OBJETIVOS DEL LEM 70

3.1.4. ESTRATEGIA DE FUNCIONAMIENTO DEL LEM 72

3.1.4.1. FUNCIONES ACADÉMICAS 72

3.1.4.2. FUNCIONES DE SERVICIO EXTERNO 72

3.1.4.3. PERCEPCIÓN DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DEL LEM 73

3.1.5. ORGANIZACIÓN DEL LEM 73

3.1.6. FUNCIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS DEL LEM 74

3.1.7. PERCEPCIÓN ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DEL LEM 75

3.1.8. PRINCIPALES EQUIPOS DEL LEM 77

3.1.9. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL ÁREA DE ENSAYOS 78

3.2. ANÁLISIS DE PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL EQUIPO DE TRACCIÓN – COMPRESIÓN (EUT/C) 80

3.2.1. PERCEPCIÓN DE FUNCIONES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DEL EUT/C 80

3.2.1.1. FUNCIÓN PRIMARIA 81

3.2.1.2. FUNCIONES SECUNDARIAS 81

3.2.2. PERCEPCIÓN SOBRE EL ESTADO DE FALLA ASOCIADOS A CADA FUNCIÓN 86

3.2.3. IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE FALLAS 88

3.2.4. PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE FALLAS 90

3.2.5. PERCEPCIÓN SOBRE LAS CONSECUENCIAS DE FALLAS 92

3.2.6. PREDICCIÓN / PREVENCIÓN DE FALLAS 93

3.2.7. ACCIONES PREDETERMINADAS 94

3.2.8. SENSIBILIDAD A LA IMPLEMENTACIÓN DE RCM 94

CAPITULO IV 96

APLICACIÓN DEL MÉTODO RCM EN LA MAQUINA DE ENSAYO UNIVERSAL 96

4. ACTIVIDADES VINCULADAS A LA NORMA ISO/IEC 17025 96

4.1. ACTIVIDADES TÉCNICAS 96

4.2. ACTIVIDADES DE GESTIÓN 96

4.3. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA RCM 97

4.3.1. GRUPO DE TRABAJO RCM 100

4.3.1.1. PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL EQUIPO RCM 100

4.3.2. REGISTRO DE EQUIPOS 104

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.4. APLICACIÓN DEL MÉTODO RCM EN LA MAQUINA DE TRACCIÓN – COMPRESIÓN 105
4.4.1. CONTEXTO OPERACIONAL 106
4.4.2. TAXONOMÍA 108
4.4.2.1. SISTEMA ESTRUCTURAL 110
4.4.2.2. SISTEMA MOTRIZ 110
4.4.2.3. SISTEMA DE SUJECIÓN 111
4.4.2.4. SISTEMA HIDRÁULICO 111
4.4.2.5. SISTEMA ELÉCTRICO 113
4.4.2.6. SISTEMA DE COMUNICACIÓN 114
4.4.3. ANÁLISIS DE FUNCIONES Y FALLAS DE FUNCIONES. 115
4.4.3.1. FALLA INTEGRAL DEL EQUIPO. 115
4.4.3.2. FALLA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL 116
4.4.3.3. FALLA DEL SISTEMA MOTRIZ 117
4.4.3.4. FALLA DEL SISTEMA DE SUJECIÓN 117
4.4.3.5. FALLA DEL SISTEMA HIDRÁULICO 118
4.4.3.6. FALLA DEL SISTEMA ELÉCTRICO 121
4.4.3.7. FALLA DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN 122
4.4.4. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS 123
4.4.5. PROCESO DE EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS DE FALLAS 124
4.5. PROPUESTA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO 128
4.5.1. NIVELES DE MANTENIMIENTO 128
4.5.1.1. PRIMER NIVEL 128
4.5.1.2. SEGUNDO NIVEL 129
4.5.1.3. TERCER NIVEL 129
4.5.2. PERSONAL Y FUNCIONES 129
4.5.3. RECURSOS REQUERIDOS 131
4.5.4. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL 132
4.5.5. MONITOREO DE MANTENIMIENTO 132
4.6. MONITOREO DE ESTADO Y MANTENIMIENTO 136
4.6.1. DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD 136
4.6.2. OTROS RATIOS PROPUESTOS 137

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.7. TAREAS PROPUESTAS DE MANTENIMIENTO 138

4.7.1. PROPUESTA ANUAL DE MANTENIMIENTO POR NIVELES 138

4.7.2. HORAS DE MANTENIMIENTO EMPLEADAS 139

CONCLUSIONES 143

RECOMENDACIONES 145

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 146

ANEXOS 148

ANEXO 1 149

ANEXO 2 158

ANEXO 3 160

ANEXO 4 167

ANEXO 5 168

ANEXO 6 169

ANEXO 7 169

ANEXO 8 170

ANEXO 9 176

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 CUADRO DE CAMPO, ÁREA Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 4
Tabla 2 CUADRO DE RELACIÓN DE OPERACIONES DE VARIABLE INDEPENDIENTE 5
Tabla 3 CUADRO DE RELACIÓN DE OPERACIONES DE VARIABLE DEPENDIENTE 6
Tabla 4 CUADRO DE LAS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS 11
Tabla 5 CUADRO DEL ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN 12
Tabla 6 UNIVERSO DE LA INVESTIGACIÓN 12
Tabla 7 CUADRO DE MATERIALES A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN 14
Tabla 8 CUADRO DE BASES NORMATIVAS UTILIZADAS 15
Tabla 9 CUADRO DE LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS DEL RCM 20
Tabla 10 CUADRO DESCRIPTIVO DE LOS EFECTOS DE FALLA 25
Tabla 11 CLASIFICACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS DE FALLA 28
Tabla 12 PRINCIPALES INDICADORES DE MANTENIMIENTO 37
Tabla 13 CUADRO DE PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD 43
Tabla 14 CRITERIOS PARA ELABORAR ENCUESTAS Y TABLAS DE PONDERACIÓN DE VALORES DE CRITICIDAD 43
Tabla 15 CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE LAS CRITICIDADES 44
Tabla 16 COMPARACIÓN CRUZADA DE LA NORMA ISO/IEC 17025 54
Tabla 17 DOCUMENTACIÓN ISO/IEC 17025 PARA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS 56
Tabla 18 INDICADORES ISO/IEC 17025 PARA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS 57
Tabla 19 TIPOS DE CELDAS DE CARGA 61
Tabla 20 CUESTIONARIO SOBRE OBJETIVOS DEL LEM 70
Tabla 21 ENCUESTA SOBRE CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL LEM 71
Tabla 22 CUESTIONARIO SOBRE LAS FUNCIONES DEL LEM 76
Tabla 23 PRINCIPALES EQUIPOS DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES 77
Tabla 24 CRITERIOS DE CRITICIDAD 78
Tabla 25 VALORES DE CRITICIDAD 80
Tabla 26 ENCUESTA SOBRE LA FUNCIÓN PRIMARIA DEL EQUIPO EUT/C 81
Tabla 27 ENCUESTA SOBRE LA FUNCIÓN DE INTEGRIDAD AMBIENTAL DEL EUT/C 82
Tabla 28 ENCUESTA SOBRE LOS MODOS DE FALLAS Y SU EFECTO EN LA FUNCIÓN PRIMARIA 88
Tabla 29 CUADRO DE LA IDENTIFICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO A INVESTIGAR 97
Tabla 30 CUADRO DE INTEGRANTES DEL EQUIPO RCM 101
Tabla 31 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL EQUIPO RCM 103
Tabla 32 ESTRUCTURA DE CODIFICACIÓN DE EQUIPOS DE LEM PARA RCM 105
Tabla 33 DATOS TÉCNICOS Y ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN DE LEM 107
Tabla 34 CONTEXTO OPERACIONAL DE LA MAQUINA DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN DE LEM 108

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 35 FALLA INTEGRAL DEL EQUIPO 115
Tabla 36 FALLA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL 117
Tabla 37 FALLA DEL SISTEMA MOTRIZ 118
Tabla 38 FALLA DE SISTEMA DE SUJECIÓN 119
Tabla 39 FALLA DEL SISTEMA HIDRÁULICO 120
Tabla 40 FALLA DEL SISTEMA ELÉCTRICO 121
Tabla 41 FALLA DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN 122
Tabla 42 FUNCIONES DE ACCIÓN DIRECTA RCM – ISO/IEC 17025 130
Tabla 43 EQUIPO NECESARIO PARA LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO 131
Tabla 44 CUADRO DE CODIFICACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO 139
Tabla 45 TIEMPOS PROPUESTOS POR NIVEL POR CADA SISTEMA 142

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO 17
Figura 2 COMPONENTES DE UN PROGRAMA RCM 17
Figura 3 COMPARACIÓN DEL MODELO TRADICIONAL Y EL RCM 18
Figura 4 EVOLUCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA SOBRE FALLA DE EQUIPOS 19
Figura 5 RELACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD INICIAL Y EL FUNCIONAMIENTO DESEADO 21
Figura 6 TIPOS DE ESTÁNDARES DE MANTENIMIENTO 21
Figura 7 DESCRIPCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE LOS MODOS DE FALLA 23
Figura 8 ANÁLISIS CAUSA RAÍZ 24
Figura 9 DIAGRAMA DE IDENTIFICACIÓN Y DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA UNA FUNCIÓN OCULTA 27
Figura 10 DIAGRAMA DE CONSECUENCIAS DE SEGURIDAD O MEDIO AMBIENTE 30
Figura 11 DIAGRAMA DE EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS DE FALLA 30
Figura 12 ESQUEMA DE DETERIORO HASTA LA FALLA 32
Figura 13 FRECUENCIA DE FALLA Y VIDA PROMEDIO 33
Figura 14 EFECTOS DE FALLAS PREMATURAS 33
Figura 15 SEIS PATRONES DE FALLA 34
Figura 16 CURVA E INTERVALO P - F 34
Figura 17 INTERVALO DE INSPECCIÓN 35
Figura 18 MANEJO DE FALLOS, CAMBIOS UNA SOLA VEZ 36
Figura 19 DIAGRAMA DE DECISIÓN RCM 37
Figura 20 PROCESO RCM 38
Figura 21 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO RCM 39
Figura 22 GRUPOS DE REVISIÓN RCM 40
Figura 23 MODELO BÁSICO DE UN ANÁLISIS DE CRITICIDAD 42
Figura 24 MATRIZ DE CRITICIDAD 45
Figura 25 PIRÁMIDE DE TAXONOMÍA 46
Figura 26 CUADRO DE REQUISITOS DE LA NORMA ISO/IEC 17025 50
Figura 27 PIRÁMIDE DE LA DOCUMENTACIÓN ISO/IEC 17025 51
Figura 28 DETALLE DE LA NORMA ISO/IEC 17025:2017 52
Figura 29 MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO ESTÁTICO 58
Figura 30 MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO HIDRÁULICO 59
Figura 31 MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO DINÁMICO 60
Figura 32 PARTES DE UNA MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS 61
Figura 33 PROBETA TÍPICA DE ENSAYO 64
Figura 34 CURVA TÍPICA DE ENSAYO 65
Figura 35 PROBETAS DE ENSAYO A COMPRESIÓN 66
Figura 36 PLANO DE UBICACIÓN DEL PABELLÓN R LABORATORIOS DE MECÁNICA 68
Figura 37 UBICACIÓN DEL LEM EN EL TERCER PISO DEL PABELLÓN R 69

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 38 UBICACIÓN DEL EQUIPO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN EN EL PRIMER PISO DEL PABELLÓN R 69
Figura 39 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE PRINCIPIOS DEL LEM 70
Figura 40 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE OBJETIVOS DEL LEM 71
Figura 41 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL LEM 72
Figura 42 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE ESTRATEGIA FUNCIONAL DEL LEM 73
Figura 43 ORGANIGRAMA GENERAL DEL LEM 74
Figura 44 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE ORGANIZACIÓN DEL LEM 75
Figura 45 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE LAS FUNCIONES MAS IMPORTANTES DEL LEM 76
Figura 46 MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS DEL LEM 80
Figura 47 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD 82
Figura 48 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA 83
Figura 49 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA SENSIBILIDAD Y EL CONFORT 83
Figura 50 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL PROCESO Y CONTENCIÓN 84
Figura 51 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA APARIENCIA 84
Figura 52 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LAS FUNCIONES DE PROTECCIÓN 85
Figura 53 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA ECONOMÍA Y EFICIENCIA DE LA MAQUINA 85
Figura 54 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LAS FUNCIONES SUPERFLUAS 86
Figura 55 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LAS FALLAS FUNCIONALES ASOCIADAS A CADA FUNCIÓN 87
Figura 56 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE FALLOS 88
Figura 57 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LOS MODOS DE FALLA Y SU EFECTO SOBRE LA FUNCIÓN PRIMARIA 89
Figura 58 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL SEGUIMIENTO Y DOCUMENTACIÓN DE LAS FALLAS 90
Figura 59 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL REGISTRO DE FALLOS 90
Figura 60 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL REGISTRO DEL EFECTO DE LAS FALLAS SOBRE LA SEGURIDAD Y EL AMBIENTE 91
Figura 61 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL EFECTO EN LA PRODUCCIÓN POR UNA FALLA O PARADA DE SERVICIO 91
Figura 62 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL EFECTO DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS APLICADAS ANTE LA FALLA 92
Figura 63 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL LAS CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS 93
Figura 64 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LAS ACCIONES DE PREVENCIÓN ANTE LA FALLA 93

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 65 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LAS ACCIONES PREDETERMINADAS94
Figura 66 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA PERCEPCIÓN SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO RCM 95
Figura 67 DIAGRAMA DE APLICACIÓN DEL RCM 98
Figura 68 DIAGRAMA DE SECUENCIA DE ACTIVIDADES DEL EQUIPO RCM 102
Figura 69 FACTORES DE CONTEXTO OPERACIONAL CONSIDERADO PARA LA MAQUINA DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN DE LEM 106
Figura 70 TAXONOMÍA DE LA MAQUINA DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN 109
Figura 71 SISTEMA DE LA MAQUINA DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN 109
Figura 72 SISTEMA ESTRUCTURAL 110
Figura 73 SISTEMA MOTRIZ 111
Figura 74 SISTEMA DE SUJECIÓN 112
Figura 75 SISTEMA HIDRÁULICO 113
Figura 76 SISTEMA ELÉCTRICO 114
Figura 77 SISTEMA DE COMUNICACIÓN 114
Figura 78 CARTILLA DE ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA POR SISTEMA 123
Figura 79 HOJA DE DECISIÓN RCM DE MOUBRAY 124
Figura 80 MAPA DE SEGUIMIENTO RCM DE MOUBRAY 125
Figura 81 CONSECUENCIA DE FALLAS RCM DE MOUBRAY 126
Figura 82 PREGUNTAS “A FALTA DE...” 126
Figura 83 HOJA DE DECISIONES RCM, APLICADAS AL EQUIPO 127
Figura 84 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS POR SISTEMA 127
Figura 85 DIAGRAMA JERÁRQUICO EN BASE A ISO/IEC 17025 129
Figura 86 FICHA DE ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO 133
Figura 87 FICHA DE HOJA DE PROCEDIMIENTOS 134
Figura 88 FICHA DE HISTORIAL DE OPERACIONES 135
Figura 89 HOJA DE CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO 138
Figura 90 HORAS DE MANTENIMIENTO POR LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN 140
Figura 91 RELACIÓN PROPORCIONAL DE HORAS DE MANTENIMIENTO POR SISTEMA 141

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LISTA DE ABREVIATURAS

AMEF: Análisis de modos y efectos de fallas

AMFEC: Análisis de modos de falla, efectos y criticidad

EPP: Equipo de protección personal

EU(T/C): Equipo Universal de ensayos de tracción / compresión

IEC: International Electrotechnical Commission

IPERC: Identificación de peligros, evaluación de riesgos y control

ISO: International Organization for Standardization

LEM: Laboratorio de Ensayo de Materiales

MCC: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

MTBF: Mean time between failures

MTTR: Mean time to repair

NPR: Numero de ponderación de riesgo

PET: Procedimiento escrito de trabajo

PPIMMEM: Programa Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

SAE: Society of Automotive Engineers

TPM: Total Productivity Maintenance (Mantenimiento Productivo Total)

TPPF: Tiempo promedio para fallas

TPPR: Tiempo promedio para reparación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad aplicar el modelo de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM, estipulados en las Normas JA-1011, JA 10-12 y la ISO 14224 para luego analizar el efecto sobre las condiciones requeridas por la norma ISO/IEC 17025 que homologa los procesos de ensayos de laboratorios.

El proceso de aplicación se divide las siguientes etapas:

Una primera etapa consistió en la aplicación de un cuestionario RCM adaptado a nuestra necesidad, el cual ha sirvió de instrumento para verificar el estado actual de la organización del laboratorio, los equipos y la percepción de las funciones de cada uno. Estos resultados permitieron analizar, con todos, el estado actual, explicar los objetivos y definir el equipo de trabajo

La segunda etapa consistió definir el equipo crítico resultando la maquina universal de ensayos también conocido como máquina de tracción – compresión (EUT/C), para luego hacer un análisis taxonómico de sus sistemas, componentes y partes.

La tercera etapa consistió en hacer un análisis de modo de fallas, partiendo de la taxonomía y la división de sistemas y definiendo el efecto de las fallas por sistema.

Los resultados antes obtenidos nos proporcionaron una condición real para la implementación de un calendario de mantenimiento a la maquina universal de ensayos, proponiendo un cuadro modelo de trabajo basado en Mantenimiento Preventivo y Predictivo, verificar la cantidad de horas de mantenimiento, disponibilidad y confiabilidad, como parámetros e indicadores a mejorar.

La última etapa consistió en analizar los procedimientos de mantenimiento propios del equipo, la selección de tareas y documentos propuestos con el fin coordinar la información y seguimiento requeridos por la norma ISO/IEC 17025 y las normas internas de laboratorios de la UCSM.

Todas estas propuestas evidencian que la aplicación de RCM impulsa y mejora los procedimientos de homologación de procesos y gestión para una máquina de ensayos de materiales, en particular la de tracción – compresión.

Palabras clave: mantenimiento, confiabilidad, RCM, laboratorio de materiales, ISO 17025

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The purpose of this work was to apply the maintenance model based on RCM reliability, stipulated in Standards JA-1011, JA 10-12 and ISO 14224 and then analyze the effect on the conditions required by ISO / IEC 17025 approves the laboratory test processes.

The application process is divided into the following stages:

A first stage consisted in the application of an RCM questionnaire adapted to our need, which has served as an instrument to verify the current state of the laboratory organization, the equipment and the perception of the functions of each one. These results allowed us to analyze the current status with everyone, explain the objectives and define the work team

The second stage consisted of defining the critical equipment resulting in the universal testing machine also known as the tensile-compression machine, to then make a taxonomic analysis of its systems, components and parts.

The third stage consisted of making a failure mode analysis, starting from the taxonomy and the division of systems and defining the effect of failures by system.

The results obtained above provided us with a real condition for the implementation of a maintenance calendar to the universal testing machine (EUT/C), proposing a work model based on Preventive and Predictive Maintenance, verifying the amount of maintenance hours, availability and reliability, such as parameters and indicators to improve.

The last stage consisted of analyzing the maintenance procedures of the equipment, the selection of tasks and documents proposed in order to coordinate the information and monitoring required by ISO / IEC 17025 and internal laboratory standards of the UCSM.

All these proposals show that the application of RCM drives and improves the procedures for approval of processes and management for a material testing machine, in particular the tensile-compression machine.

Keywords: maintenance, reliability, RCM, materials laboratory, ISO 17025

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

La Universidad Católica de Santa María, a través su Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales ha desarrollado las escuelas de ingeniería más importantes de nuestro medio como son Industrial, Sistemas, Electrónica, Minas y Mecánica en la que se dan las carreras de Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica. Las ingenierías Civil, Arquitectura y Medio Ambiente constituyen desde hace unos años otra Facultad orientada hacia un desarrollo más objetivo en su campo.

La Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica, imparte a través de su personal docente, enseñanzas teóricas que son reforzadas mediante la práctica y ensayos en sus laboratorios; de esta manera se logra comprender y concretar el conocimiento con la práctica, logrando competencias acordes con las exigencias del mercado.

El estudio de materiales es una de las herramientas más importantes del Ingeniero Mecánico por que le permite conocer el comportamiento de los metales, los compósitos y los sintéticos que hoy se usan en todos los diseños de máquinas y estructuras de cualquier dispositivo.

En este contexto se hizo necesaria la creación del laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM), como un centro que permita desarrollar habilidades en el conocimiento, comportamiento y uso de los diversos materiales usados en la especialidad.

Actualmente, las instalaciones del LEM cuentan con diferentes áreas formativas para prácticas y ensayos; las mismas que obedecen a los requerimientos según la programación compartida con la carrera de Ingeniería Industrial. El laboratorio cuenta con una disposición adecuada donde se encuentran equipos de ensayos de materiales de tipo destructivo, análisis de microestructura y microscopia, preparación de probetas y testigos y finalmente ensayos no destructivos, contando con una gran diversidad de equipos que sirven para la realización de prácticas en los cursos de Ciencias e Ingeniería de Materiales, Materiales de Fabricación y Mecánica de Materiales Avanzado

Luego de una etapa de consolidación, en el año 2015 se decide crear el Centro de Producción de Bienes y Servicios del Laboratorio de Ensayo de Materiales. Esta razón hace que esta área requiera especial interés en su gestión, siendo necesarias buenas políticas y estrategias de operación y mantenimiento con el objetivo de aplicar a normas de calidad en laboratorios para ofrecer servicios de ensayos homologados y respaldados por buenas prácticas de gestión a todo nivel.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Para lograr esta meta y alcanzar sostenibilidad, fiabilidad y continuidad se hace necesaria la aplicación de una herramienta de gestión particularmente orientado al mantenimiento que permita lograr de manera más ordenada la necesaria calificación del laboratorio, esta herramienta es el MCC (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) o RCM de sus siglas en ingles.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. PROBLEMA

1.1.1. ENUNCIADO

"Aplicación de Herramientas de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para aplicación de la Norma ISO 17025 en el Equipo de Tracción del Laboratorio de Ensayo de Materiales del EPIMMEM de la UCSM"

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La ingeniería del mantenimiento constituye en la actualidad una actividad necesaria en todos los procesos que encierran producción o servicios, Particularmente un laboratorio de ensayos de materiales requiere crear métodos y procedimientos para mantener y preservar los activos de la institución, con el propósito de obtener un uso eficiente y simultáneamente una mística que oriente sus actividades hacia la perfección, como propiamente se espera de cada, equipo y así, de esta manera optimizar los beneficios.

Basados en observaciones previas del LEM se puede sintetizarla existencia de los siguientes problemas:

- No existe la aplicación de un modelo de calidad para las operaciones generales del Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM)
- No se aplica un modelo de mantenimiento en el laboratorio, principalmente, por que actualmente su uso es limitado debido a que la mayoría de sus actividades son esporádicas o están centradas en educación de pregrado con muy poca relación hacia servicios, lo que implica un uso por debajo de su capacidad instalada.
- Insuficiente documentación sobre procesos y manuales de equipos a disposición de los usuarios del área.
- Ausencia de procesos homologados, ligados a las actividades de laboratorios experimentales y usualmente basados en normas. Cada actividad del personal es expuesta por el laboratorio y encierra una práctica, particular que se ajusta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

a un objetivo, el Mantenimiento Autónomo puede ser una excelente herramienta en el futuro para mejorar este aspecto.

- Ante el crecimiento de las actividades propias del laboratorio, se evidencia la necesidad de aplicar un modelo de calidad basada en la Norma ISO/IEC17025.
- Para cumplir adecuadamente el punto anterior se debe aplicar un modelo de mantenimiento sujeto a normas ISO 14224 y SAE JA 1011, SAE JA 1012 sobre accidentes e incidentes provocadas por el mal funcionamiento del equipo de tracción - Compresión (EUT/C) con el objeto de replicar este modelo en los otros equipos de laboratorio.

Por lo expuesto, el presente trabajo permitirá iniciar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad de equipos y a su vez una actitud en relación a las actividades ligadas al desempeño de los equipos, respondiendo a una nueva filosofía de mantenimiento en busca de los siguientes objetivos generales:

- Lograr una alta confiabilidad de las máquinas y equipos de laboratorio.
- Prevención de riesgos y fallas.
- Desarrollo de capacidades personales y de grupo en el personal usuario como gestores del uso de los activos.

Conformar equipos humanos cohesionados en la búsqueda permanente del beneficio integrado.

1.2.1. ÁREA Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1 CUADRO DE CAMPO, ÁREA Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

CAMPO	CIENCIAS
Área	Ingeniería
Línea	Gestión de Mantenimiento
Aspectos	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

Fuente: *Elaboración Propia*

1.2.2. TIPO DE PROBLEMA

Relacional

1.2.3. VARIABLES

1.2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad.

1.2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Calidad de ensayos
- Confiabilidad del equipo
- Capacidad de calificar a normas de calidad ISO/IEC 17025
- Homologación de procedimientos

1.2.3.3. RELACIÓN DE OPERACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2 CUADRO DE RELACIÓN DE OPERACIONES DE VARIABLE INDEPENDIENTE

CONCEPTUAL		OPERACIONAL	
CONCEPTO	**DIMENSIÓN**	**INDICADOR**	**TÉCNICA E INSTRUMENTO**
El estudio del Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM) de la UCSM en su funcionamiento operativo está asociado al mantenimiento del equipo definido. Se debe analizar y precisar el estado actual de la organización, infraestructura, equipamiento y funciones operativas del equipo, las fallas funcionales, las causas, efectos, consecuencias, acciones de prevención y monitoreo de los modos de fallas.	Análisis del laboratorio LEM	Infraestructura Personal Instrumentos Materiales de trabajo Comunicación	Observación y cuestionario a los relacionados al mantenimiento
	Análisis de procedimientos de ensayos de tracción - compresión	Normas Procesos Homologados	Observación y cuestionario a operadores
	Análisis del área de ensayos de tracción - compresión	Análisis y evaluación de activos críticos	Observación y cuestionario a operadores
	Funciones	Análisis de actividades primarias y secundarias de la máquina de EUT/C	Observación / cuestionario / análisis
	Fallas funcionales	Análisis y evaluación del estándar y medidores de falla	Observación / cuestionario / análisis
	Causas de las fallas	Percepción de causas de fallas	Observación / cuestionario / análisis
	Efectos de las fallas	Percepción de efectos por fallas	Observación / cuestionario / análisis
	Consecuencias de las fallas	Precepción de importancia de fallas evidentes y ocultas	Observación / cuestionario / análisis
	Predicción y prevención de fallas	Percepción de acciones realizadas ante fallas	Observación / cuestionario / análisis
	Acciones predeterminadas	Frecuencia y tasas de acciones de fallas.	Observación / cuestionario / análisis

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 3 CUADRO DE RELACIÓN DE OPERACIONES DE VARIABLE DEPENDIENTE

CONCEPTUAL		OPERACIONAL	
CONCEPTO	**DIMENSIÓN**	**INDICADOR**	**TÉCNICA E INSTRUMENTO**
La ausencia de modelos de calidad y mantenimiento llevan a las siguientes consecuencias	Gestión de calidad según ISO/IEC 17025	Capítulo 4 de la norma	Observación y cuestionario a los responsables del laboratorio
	Gestión de mantenimiento, método RCM	Acápites de la norma SAE JA 1011, SAE JA 1012	Observación y cuestionario a los colaboradores de mantenimiento
	Aplicación metodológica de RCM	Percepción e implementación de estrategia RCM	Observación / cuestionario / análisis
	Integración de procesos y procedimientos	Percepción e implementación de procesos y procedimientos	Observación / cuestionario / análisis

Fuente: *Elaboración Propia*

1.2.4. INTERROGANTE BÁSICA

¿Será posible analizar el equipo de tracción - compresión para aplicar Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) en el LEM de la UCSM?

1.2.5. INTERROGANTES ESPECIFICAS

1. ¿Cuál será el resultado del análisis estratégico sobre calidad del LEM de la UCSM bajo la Norma ISO/IEC 17025?
2. ¿Cuáles son los patrones de desempeño del Equipo de Tracción -Compresión (EUT/C) en su contexto operacional actual?
3. ¿Qué actividades u operaciones no son compatibles con los objetivos de calidad del EUT/C en el LEM de la UCSM?
4. ¿De qué forma el EUT/C puede dejar de cumplir sus funciones en el LEM de la UCSM?
5. ¿Qué causas ocasionan cada falla funcional en el EUT/C del LEM de la UCSM?
6. ¿Cuál el efecto de falla en el EUT/C del LEM de la UCSM?

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

7. ¿Cuáles son las consecuencias que genera cada falla en el EUT/C del LEM de la UCSM?
8. ¿Qué acciones se pueden tomar para predecir o prevenir cada falla en el EUT/C del LEM de la UCSM?
9. ¿Será posible implementar un modelo de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) en el EUT/C del LEM de la UCSM?

1.3. ANTECEDENTES

1.3.1. INVESTIGACIONES EN EL EXTRANJERO

Tesis Doctoral: "***Mejora de Metodología RCM a partir del AMFEC e Implantación de Mantenimiento Preventivo y Predictivo en Plantas de Procesos.***"(Gardella, 2007) Universidad Politécnica de Valencia -España

La tesis aplica la metodología RCM basado en la obra de John Moubray el cual sirve para determinar las actividades de mantenimiento reactivas y proactivas, con objeto de optimizar la fiabilidad de los activos industriales. Aplica cálculo de criticidades bajo un número de ponderación del riesgo (NPR) para cada modo de fallo, en función de tres parámetros: gravedad, frecuencia de faltos y detectabilidad, siendo valorados de 1 a 10.

La Investigación permitió la implantación de un método de gestión técnica y económica de activos, basado en indicadores de gestión para generar un sistema de Mantenimiento Preventivo y Predictivo adecuado que controle las incidencias, sus costos y la aplicación de soluciones técnico-económicas para optimizar la gestión del mantenimiento en una industria de proceso.

Se toma esta tesis como una referencia de carácter importante para el desarrollo del presente trabajo por las siguientes razones:

- La forma de aplicar la metodología RCM, con sus secciones de criticidad (AMFEC y NPR) orientados al Mantenimiento Preventivo y Predictivo.
- Muestra como generar un Plan Estratégico de Mantenimiento, útil para organizar básicamente las actividades de mantenimiento preventivo en hojas de matriz de decisiones con rutas de mantenimiento y valoración económica de cada actividad.

Tesis de Magister en la especialidad: ***" Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del***

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

sistema de transmisión nacional". (Martínez, 2014) León Augusto Martínez Giraldo. Universidad Nacional de Colombia.

El trabajo realizado aplica conceptos de confiabilidad, el monitoreo de condición y el análisis de riesgo como procesos sistemáticos y modernos de mantenimiento, el trabajo está centrado en equipos eléctricos del Sistema Nacional de Transmisión Eléctrica de Colombia.

El plan incorpora tecnologías de diagnóstico en línea y fuera de ella, para luego hacer un análisis riesgo de criticidad.

El plan inicial está orientado a los interruptores, con la finalidad de replicar en otros equipos similares.

Detalla los componentes y funciones individuales de los elementos de la subestación, incluyendo listas de repuestos y consumibles requeridos en el proceso de trabajo. Luego define los modos de fallas y sus consecuencias para luego analizar un estudio de causa raíz que permiten generar niveles de trabajo.

Se toma esta tesis como una referencia de carácter importante para el desarrollo del presente trabajo por las siguientes razones:

- La aplicación de análisis de modo de fallas (AMFE) que permite definir condiciones de criticidad de los equipos.
- Muestra que la Implantación de la estrategia RCM en un equipo y permite la generación de mejoras específicas.

1.3.2. INVESTIGACIONES NACIONALES

Tesis de Maestría: **"*Plan de mejoramiento del servicio del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la FIC - UNI".*** (Chaparro, 2012) José Alex Chaparro Méndez. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - Perú.

Esta tesis de maestría está orientada a optimizar proceso y servicios vinculados al laboratorio de materiales LEM de la Facultad de Ingeniería Civil. Propone entre sus objetivos específicos un mantenimiento programado adecuado al servicio que brinda y su forma de operar, capacitación del personal y modernización de planta.

Se toma esta tesis como una referencia de carácter importante para el desarrollo del presente trabajo por las siguientes razones:

- La implantación de un modelo de mantenimiento basado en la Metodología RCM que involucra buenas prácticas de Mantenimiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- La metodología RCM, facilita el proceso de normalización (ISO 9000) a través de procedimientos de trabajo y un manejo eficiente de la información.
- Basado en el modelo RCM asigna responsabilidades al personal involucrado con la organización, mejorando la efectividad de las actividades y el servicio otorgado.

Tesis Profesional: ***"Propuesta de un Sistema de Gestión de Mantenimiento de una Clínica Particular en la ciudad de Lima".*** (Garcia, 2014) . García Urriaga Cesar, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima - Perú.

Este trabajo desarrolla una propuesta metodológica para mejorar las condiciones de mantenimiento, el método es conocido como "radar de mantenimiento".

La estrategia inicia con análisis de la infraestructura y los equipos de la clínica, luego desarrolla una auditoria en la que analiza los trabajos actuales de mantenimiento y la gestión sobre los mismos obteniendo un diagnostico global del mantenimiento y sus efectos económicos y financieros de la clínica.

El cuarto capítulo desarrolla un modelamiento del mantenimiento y basa sus decisiones en un análisis de modo, Fallas, Causas y Efectos (AMEF).

En base a políticas y normas elabora un plan de mantenimiento y evalúa los costos de las operaciones del nuevo sistema de gestión y sus resultados.

Esta tesis es referencia importante para el presente trabajo por la siguiente razón:

- Es un buen ejemplo de la aplicación basada en la confiabilidad de los equipos, y mejorar la disponibilidad al disminuir las fallas y el deterioro incontrolado de los equipos que pueden generar directa e indirectamente más gastos y consecuencias negativas en diversos ámbitos como la salud o el prestigio de la clínica.

Tesis Profesional: ***"Propuesta de mejora basado en el plan de mantenimiento basado en RCM en la Línea de Extrusión 1"*** (Romero, n.d.) Raúl Douglas Layme Romero. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima - Perú.

Este trabajo simplifica los pasos de la aplicación del RCM a una extrusionadora.

Diagnostica el proceso actual de planta y propone alternativas de solución.

Se toma esta tesis como referencia importante para el desarrollo del presente trabajo por:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Es un trabajo bien ordenado y sistematizado que inclusive contempla conceptos de TPM y Lean Maintenance, que actualmente se hallan en aplicación.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el Laboratorio de Materiales del PPIMMEM de la Universidad Católica de Santa María aun no califica por ninguna norma para calidad de ensayos de materiales y tampoco cuenta con ningún plan ni estrategia de mantenimiento, solamente se realiza mantenimiento de forma reactiva. Al tratarse de un laboratorio cuya confiabilidad de sus resultados están basados en la perfección del estado de sus equipos, es principal argumento para aplicar un plan de gestión que permita lograr esta condición.

La aplicación del modelo de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM), apoyado con principios de Mantenimiento Autónomo, permitirá disminuir y eliminar posibles fallas en equipos, creando conciencia de procesos de mejora sostenible en sus usuarios, de esta manera se podrá asegurar una alta calidad de ensayos, basados en una alta confiabilidad de sus equipos y la posibilidad futura de aplicar normas de mantenimiento mas globales como ISO 17359 de monitoreo de condición o ISO 55000 relacionado a gestión de activos.

La implementación de la estrategia del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) bajo las normas SAE JA1011 y.SAE JA1Q12, referida a certificación de procesos RCM, constituye un modelo estructurado y convenientemente ordenado para aplicarse desde el inicio de una actividad productiva, por lo que demostraremos su factibilidad.

Por otro lado, la homologación de sus procedimientos permitirá lograr un tipo de personal del laboratorio con evidentes ventajas competitivas, que se verán reflejadas en la formación de calidad y en los mejores servicios para los usuarios.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el funcionamiento del Laboratorio de Ensayo de Materiales de Ingeniería Mecánica (LEM) de la UCSM, para la implementación de un modelo de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) y asegurar procesos homologados aplicables a la sustentación de la Norma ÍSO/IEC 17025.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la criticidad de los equipos del Laboratorio de Ensayo de Materiales de Ingeniería Mecánica (LEM) de la UCSM, para la implementación de un modelo de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) como modelo para asegurar procesos homologados aplicables a la sustentación de la Norma ÍSO/IEC 17025.
2. Analizar las funciones de la Maquina de ensayo de Tracción -Compresión.
3. Analizar las formas en que la Maquina de Tracción - Compresión puede fallar al cumplir sus funciones en el LEM de la UCSM.
4. Diagnosticar las causas y efectos que ocasionan cada falla funcional.
5. Precisar qué estrategia es la más conveniente para prevenir la falla.
6. Implementar una estrategia basada en el modelo RCM a la Máquina de Tracción - Compresión.
7. Implementar en base a los resultados la estrategia de homologación de procedimientos relacionados con la norma ÍSO/IEC 17025 en la Máquina de Tracción - Compresión.

1.6. HIPÓTESIS

DADO QUE: "El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es un modelo utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico haga y continúe haciendo los que sus usuarios esperan en un contexto operacional"

ENTONCES: Realizar un proceso de implementación del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) crea bases adecuadas para implementar procesos homologados de la Norma ISO/IEC 17025.

1.7. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1.7.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Tabla 4 CUADRO DE LAS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

TÉCNICA	Observación	Observación Documental
		Observación Participante
		Observación Estructurada
INSTRUMENTOS	Hoja de Información	
	Cuaderno de campo	
	Cuestionario estructurado.	

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.7.2. ESTRUCTURA DEL INSTRUMENTO

A. **La identificación posicional:** Posición, lugar y tiempo de los encuestados.

B. **Datos de identificación personal:** apellidos, nombres, sexo, edad, grado de instrucción, ocupación específica actual.

C. **Datos propios de la investigación:** Datos relacionados con el forma y percepción del funcionamiento del LEM y del equipo de tracción - compresión.

1.7.3. CAMPO DE VERIFICACIÓN

1.7.3.1. ÁMBITO

El siguiente cuadro detalla el ámbito de la investigación.

Tabla 5 CUADRO DEL ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

REGIÓN	Arequipa
PROVINCIA	Arequipa
DISTRITO	Cercado
INSTITUCIÓN	Universidad Católica de Santa María
LUGAR	Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM)

Fuente: *Elaboración Propia*

1.7.3.2. TEMPORALIDAD

El presente trabajo de investigación se realiza entre los meses de marzo 2017 a agosto del 2018

1.7.3.3. UNIVERSO

Se consideran dos poblaciones:

Tabla 6 UNIVERSO DE LA INVESTIGACIÓN

JEFES Y COLABORADORES ADMINISTRATIVOS	**02 JEFES DE PRACTICAS Y TÉCNICOS**
DOCENTES QUE LLEVAN LA PRACTICAS Y/O SERVICIOS	**04 DOCENTES**

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.7.3.4. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

Criterios de inclusión: Para la presente investigación se incluirán las siguientes poblaciones:

- Jefes de la Facultad, encargados y colaboradores del LEM.
- Docentes que llevan prácticas en el laboratorio en torno a equipos de ensayo de materiales del programa de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica de la Facultad de Ciencias Físicas y Formales de la U.C.S.M.

Criterio de exclusión: Se excluyen del estudio las personas que por decisión propia no deseen participar en el presente estudio o que no estén considerados como población objeto de investigación.

1.7.4. ESTRATEGIA DE TRABAJO

1.7.4.1. PROCEDIMIENTO PREVIO

- Autorización del Jefe Coordinador del LEM de la Facultad de Ciencias Físicas y Formales de la U.C.S.M. para recoger datos relativos al funcionamiento operativo de! Equipo de Ensayos de Tracción - Compresión.
- Tiempo de recolección de información, el necesario.

1.7.4.2. MÉTODOS A UTILIZAR

- Método Prolectivo: Recolección de datos de fuentes primarias, Encargados, docentes de prácticas, estudiantes.
- Método Retrolectivo: Información de documentos disponibles que dispone la Facultad y el LEM.
- Método de Observación: Directa sobre la actividad específica según propuesta.
- Método de Encuesta: Entrevista-cuestionario, para obtener las respuestas sobre el problema de estudio.

1.7.5. RECURSOS NECESARIOS

1.7.5.1. RECURSOS HUMANOS

Los recursos humanos necesarios para la elaboración de la investigación son:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Investigador principal
- Asesor asignado
- Docentes del I y II Semestre del PPIMMEM

1.7.5.2. MATERIALES

El siguiente cuadro muestra los materiales utilizados en el proceso de la investigación:

Tabla 7 CUADRO DE MATERIALES A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN

MATERIAL	CANTIDAD
Computadora portátil	01
Cámara fotográfica y filmadora	01
Cuaderno de campo	01
Papel Bond	02 millares
Lapiceros tinta azul y rojo	s/n
Fotocopias para recoger información primaria	01 millar
Impresiones de ejemplares de tesis	05
Empastado de ejemplares de tesis	05
Anillados de borrador de tesis	05
Libros de la especialidad	05
Revista de La Especialidad	s/n

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. BASES Y MARCO CONCEPTUAL DEL ESTUDIO Y SU APLICACIÓN

Es importante recalcar que RCM no es una norma, es una metodología que es asumida por varias normas que pueden estar relacionadas con la confiabilidad.

Las normas mas importantes en este tema son SAE JA1012 y la ISO 14224, su antigüedad y experiencia ya es bastante demostrada en varias industrias. Por otro lado se tienen otras normas de mayor evolución con son la ISO 75359:2018 que se relaciona con la supervisión del estado y diagnostico de las maquinas, también denominado ´monitoreo de condición´ y la norma ISO 55000 de gestión de activos que engloba no solo maquinas o procesos sino cualquier sistema operativo o de producción de una organización, en ella se habla de acciones y competencias de cada equipo o activo de una empresa.

Nuestra propuesta toma la metodología de RCM como un primer paso para ordenar sistemáticamente un proceso de mantenimiento base de propuestas de mejora futuras.

2.1. BASES NORMATIVAS

El siguiente cuadro resume las nomas aplicadas al presente trabajo

Tabla 8 CUADRO DE BASES NORMATIVAS UTILIZADAS

NORMATIVA	TITULO DE LA NORMA	DESCRIPCIÓN DE LA NORMA	AÑO DE PUBLICACIÓN
ISO/IEC 17025 – 2005	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.	Guía genérica para gestión de calidad y mejora continua para laboratorios de ensayo y calibración.	Agosto -1999
ISO/IEC 17025 – 2017	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.	Revisión de la Norma ISO/IEC 17025 en ISO CASCO	Noviembre -2017
SAE JA1011	Norma para Vehículos Aeroespaciales	Criterios para Evaluar Procesos de Mantenimiento	Agosto -1999

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

		Centrado en Confiabilidad	
SAE JA1012	Prácticas Recomendadas para vehículos Aeroespaciales y de superficie	Guía para aplicación de Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).	Enero-2002
NORZOK Z008	Análisis de criticidad para Mantenimiento	Normas desarrolladas por la industria petrolera noruega para el análisis de criticidad de equipos y determinación de jerarquía técnica en función riesgo y consecuencia de fallas.	Junio de 2011
ISO 14224 / OREDA	Manual de Datos de Confiabilidad	Datos aplicados a la industria petrolera, con el objetivo de mejorar la confiabilidad, disponibilidad, eficiencia y operaciones de las maquinas y/o equipos	Enero de 2002

Fuente: *Elaboración Propia*

2.2. MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

2.2.1. CONCEPTO DE RCM

John Moubray (Moubray, 2012) define al RCM de la siguiente forma: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual."*

La Norma SAE –JA 1011 define: *"El mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es una filosofía de Gestión de Mantenimiento, en el cual un equipo de trabajo multidisciplinario ,se encarga de optimizar la Confiabilidad Operacional de un sistema productivo ,que funciona bajo condiciones de operación definidas estableciendo las actividades más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema , considerando los posibles efectos que originan los modos de fallas de estos activos , en la seguridad , el ambiente y las funciones operacionales."* (SAE-JA 1011, n.d.)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Podemos resumir que el RCM es una metodología para determinar las actividades de mantenimiento, reactivas y proactivas, con objeto de optimizar la habilidad de los activos industriales, minimizando los fallos operacionales y/o sus consecuencias para la seguridad y medio ambiente, calidad, producción y mantenimiento de las instalaciones industriales.

Se trata de un análisis inductivo/deductivo que de hecho todos hacen intuitivamente, en mayor o menor medida, en un ámbito industrial o proceso de servicio. La diferencia es que con esta metodología se "sistematiza el pensamiento" para evitar omisiones, prejuicios o juicios precipitados, conclusiones prematuras, falta de detalle y rigor y otras deficiencias que surgen de la fiabilidad limitada por un análisis no sistemático.

El método RCM basa sus modelos y teorías en forma genérica aplicables para cualquier tipo industria y hace referencia a elementos del sistema de gestión de mantenimiento que otros modelos no hacen, con una profundidad exhaustiva del

Figura 1 LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Fuente: *Elaboración Propia*

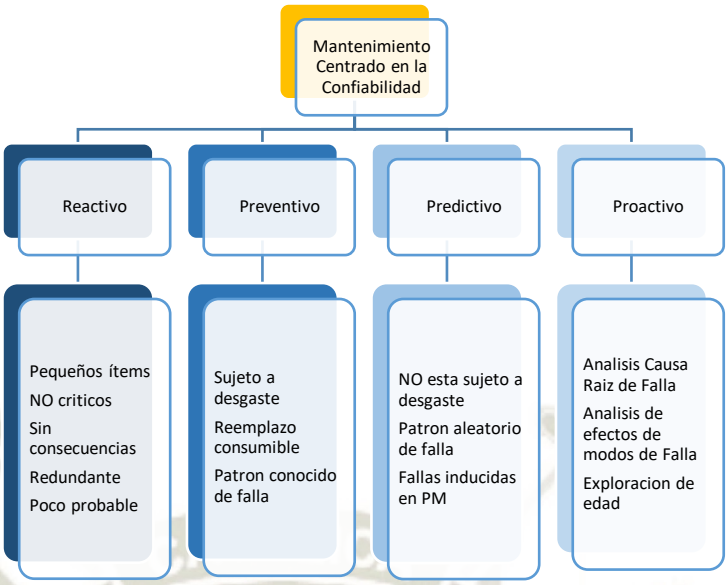
En consecuencia, RCM es un proceso que permite determinar las tareas mínimas de mantenimiento (Correctivo, Preventivo, Predictivo, etc.) según sea necesario para que los activos cumplan su función en un contexto dado.(NASA, 2000)

Figura 2 COMPONENTES DE UN PROGRAMA RCM

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: *"NASA Reliability Centered Maintenance Guide or Facilities and Collateral Equipment" (2000)*

2.2.2. DESARROLLO DEL RCM

La estrategia RCM en el tiempo varía en función de los aportes estadísticos en el campo de la confiabilidad, por lo que las acciones de mantenimiento a seguir se actualizan constantemente, el siguiente cuadro muestra una comparación entre las acciones de un modelo tradicional de mantenimiento versus el RCM (Ariza Rincon, 2008):

Figura 3 COMPARACIÓN DEL MODELO TRADICIONAL Y EL RCM

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

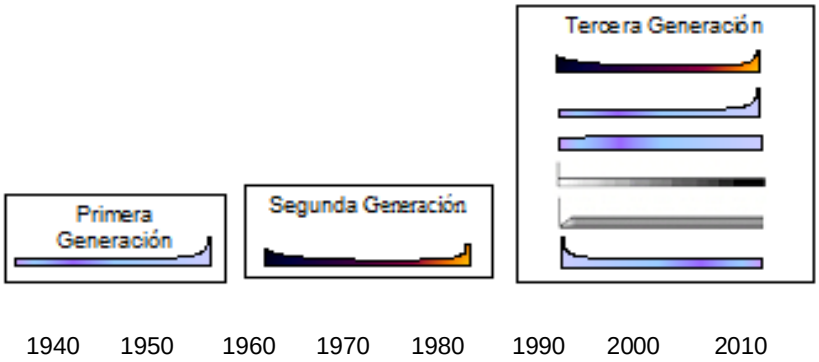
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fuente: *"Aplicación de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) a Equipos de Minería a cielo abierto tomando como piloto La Flota Taladros de Voladura".* ARIZA Rincón, Albert Jair (2008)

John Moubray analiza la confiabilidad en base a la evolución del Mantenimiento y en esencial el RCM: *"La figura 4 muestra como en un principio la idea era simplemente que a medida que los elementos envejecían eran más propensos a fallar. Una creciente conciencia de la "mortalidad temprana" llevó a la Segunda Generación generando la curva de "bañera". Sin embargo, investigaciones en la Tercera Generación revelan no uno sino seis patrones de falla que realmente ocurren en la práctica."* (Moubray, 2012)

Figura 4 EVOLUCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA SOBRE FALLA DE EQUIPOS



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".* MOUBRAY, John (2012)

2.2.3. SIETE PREGUNTAS BÁSICAS DEL RCM

El siguiente cuadro resume el cuestionario base de un proceso orientado hacia la mejora en la confiabilidad (SAE-JA 1011, n.d.):

Tabla 9 CUADRO DE LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS DEL RCM

Establece Objetivos. Recoge la información básica. Define el problema	¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente (funciones)?
	¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
	¿Qué causa cada falla funcional (modos de falla)?
	¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efectos de falla)?
Establece consecuencias.	¿De qué manera afecta cada falla (consecuencias de falla)?
Define estrategias de Mantenimiento	¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas intervalos de tareas)?
	¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva que conviene no está disponible (acciones predeterminadas)?

Fuente: *Adaptación de la Norma SAE JA 1011* (2020)

Estas preguntas ayudan a generar un proceso de Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF).

2.2.4. LAS FUNCIONES Y LAS FALLAS FUNCIONALES

La función la define un usuario, básicamente en función de un contexto o lo esperado por una maquina o proceso. Es muy importante para el proceso de RCM definir las funciones de cada recurso en su contexto operativo, junto con las normas de rendimiento asociadas (SAE-JA 1011, n.d.).

2.2.4.1. FUNCIONES PRIMARIAS

Está relacionado con el primer objetivo por el que fue adquirido el equipo y con estándares básicos de funcionamiento, como: velocidad, potencia, temperatura, capacidad de trabajo, calidad de producto, etc.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.2.4.2. FUNCIONES SECUNDARIAS

Lo que se espera que haga un equipo más allá de sus funciones primarias. Esto significa cumplir expectativas relacionadas con: integridad ambiental, seguridad, integridad estructural, control, contención, confort, apariencia. protección, economía / eficiencia, funciones superfluas y funciones "Confiabilidad".

2.2.5. MODOS DE FALLA Y SUS CONSECUENCIAS

Según el texto de la norma ISO 14224 “Una falla es la terminación de la habilidad de un sistema equipo o parte de él, para realizar una función requerida” (ISO 14224:2006, 2006).

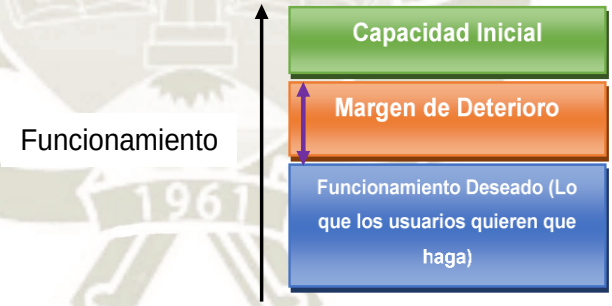
Según la norma SAE “Toda función cumple un estándar de desempeño impuesta por el usuario o sujeta a un convenio, esto deriva a que el desempeño puede ser definido de dos maneras (SAE-JA 1011, n.d.):

a. Desempeño deseado (que desea el usuario que haga el activo).

b. Capacidad inicial (que puede hacer)”.

Moubray, relaciona este concepto desde el punto de vista del funcionamiento de un equipo, el siguiente grafico aclara esta condición:

Figura 5 RELACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD INICIAL Y EL FUNCIONAMIENTO DESEADO



Fuente: *“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”.*
MOUBRAY, John. (2012)

Debe aclararse que un equipo se considera mantenible si la estrategia de mantenimiento hace que el equipo este por encima de su desempeño deseado y solo hasta su capacidad inicial, fuera de este rango se considera NO mantenible.

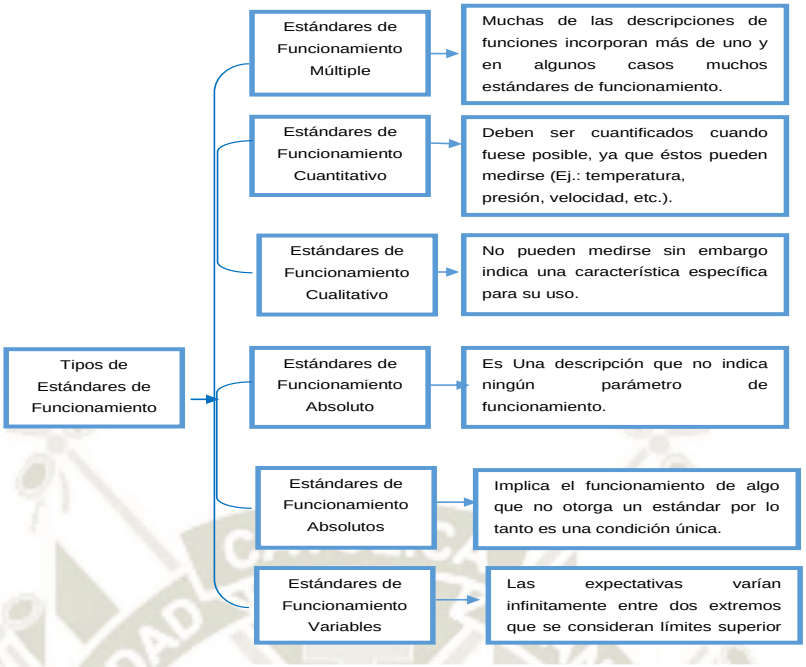
Moubray, también define estándares de funcionamiento. (Moubray, 2012)

Figura 6 TIPOS DE ESTÁNDARES DE MANTENIMIENTO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".*
MOUBRAY, John. (2012)

2.2.5.1. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y SUS EFECTOS (AMFE)

Los modos de falla se define como: "*Las causas que generan de la pérdida de una función*" y el efecto de falla como: "*Cualquier efecto que pueda causar la falla de un activo físico (o sistema o proceso).*"(ISO, 2004)

Por tanto, un Modo de Falla se considera a cualquier evento que causa u origina una falla funcional. Es importante aplicar un sustantivo y un verbo con claridad evitando el uso de expresiones como "falla, rotura o mal funcionamiento" que crean ambigüedad o malentendido sobre la naturaleza de la falla.

En la mayoría de los casos los Modos de Falla suelen anotar preferentemente las fallas causadas por deterioro o desgaste normal por eso, es necesario anotar las fallas por error humano y de diseño, tal que las causas puedan identificarse apropiadamente. También es necesario identificar las causas de cada falla con el mayor detalle posible para destinar tiempo a tratar los síntomas en lugar de las causas, sin embargo, es importante no entrar en detalles que pueda constituir una pérdida de tiempo.

En la actualidad, aunque se sabe mucho sobre los Modos de Falla, se actúa considerando que el mantenimiento se hace únicamente para combatir el deterioro, olvidando la influencia humana y el diseño.

2.2.5.2. CATEGORÍAS DE MODOS DE FALLAS

Moubray también especifica tres categorías de modos de falla como se describe en la figura 7.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

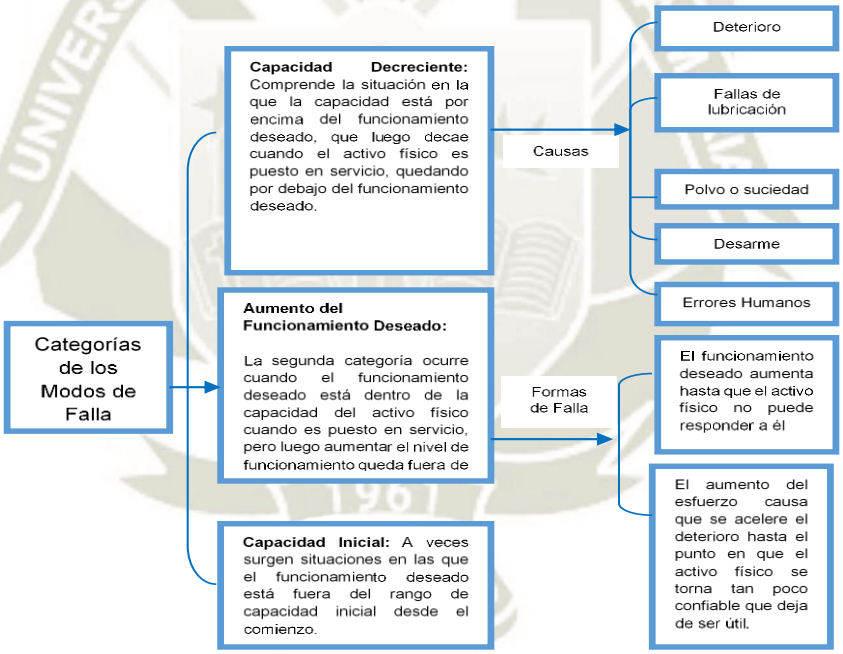
Los modos de falla requieren ser descritos con detalle suficiente que permita seleccionar una estrategia de control y/o manejo de la falla. Detallar los modos de falla no significa profundizar el detalle de tal forma que se pierde tiempo y con ello alargar el proceso de análisis de Mantenimiento.

Como premisa básica: "Los modos de falla deben ser definidos con el detalle suficiente como para posibilitar la selección de una adecuada política de manejo de falla".

El nivel de detalle es un factor importante ya que involucra la validez del AMFE y el tiempo que toma realizarlo. Ante este detalle se pueden presentar dos casos:

- Pocos modos de falla y poco detalle provocan un análisis de RCM muy superficial y peligroso.
- Muchos modos de falla y mucho detalle provocan un RCM costoso y con mucho tiempo de implementación.

Figura 7 DESCRIPCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE LOS MODOS DE FALLA



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".*
MOUBRAY, John. (2012)

Respecto al principio de causalidad, "*Se deben identificar los modos de falla en un nivel de causalidad que haga posible identificar una política de manejo de fallas apropiada*." (SAE JA 1011, sección 5.3.3). Esto cierra el concepto entre lo útil o apropiado y lo profundo y detallista.

2.2.5.3. LAS CAUSAS RAÍZ

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El análisis de causa raíz, es un procedimiento que implica ahondar y analizar fallas en base a cada función en distintos niveles de dependencia para llegar a la causa final o absoluta. El nivel requerido para llegar a realizar el análisis de causa raíz adecuada, es el que permita definir una política apropiada para el manejo de cada falla, este nivel varía para los distintos modos de falla como se detalla en la figura 8.

El Error Humano también forma parte del análisis de los modos de falla, y constituye una de las causas más frecuentes de falla en los equipos.(Moubray, 2012)

Figura 8 ANÁLISIS CAUSA RAÍZ

NIVEL PRIMARIO	NIVELES SECUNDARIOS				
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
	Falla F1.1	Falla F1.1.1	Falla F1.1.1.1		
Falla de funcion 1			Falla F1.1.1.2		
			Falla F1.1.1.3		
		Falla F1.1.2			
	Falla F1.2				
Falla de funcion 2	Falla F2.1				
	Falla F2.2				

Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".*
MOUBRAY, John. (2012)

Es importante tener en cuenta que solo se deben de citar los modos de falla que tenga elevada probabilidad o ser "razonablemente" probables en un contexto determinado, por lo tanto, la lista de probables fallos debería de tener en cuenta lo siguiente:

- *FALLAS QUE HAN OCURRIDO ANTES EN EL MISMO ACTIVO FÍSICO O EN ACTIVOS SIMILARES*. Estas son las más evidentes, salvo que la falla no volviera a ocurrir debido a la modificación del activo. Las fuentes de esta información provienen de la gente que conoce bien el activo (operarios, fabricantes u otros usuarios del mismo equipo), registros técnicos y bancos de datos.
- *MODOS DE FALLA QUE YA SON OBJETO DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PROACTIVAS, Y QUE OCURRIRÍAN SI NO SE HICIERA MANTENIMIENTO PROACTIVO*. ¿Qué modo de falla podría ocurrir si no hiciéramos determinada tarea?

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- *CUALQUIER MODO DE FALLA QUE NO HAYA OCURRIDO TODAVÍA, PERO QUE TIENE POSIBILIDADES REALES DE SUCEDER*. Identificar y decidir sobre fallas que aún no han ocurrido es una característica propia de la gestión proactiva en general y del manejo de riesgo en particular, requiere de mucho sentido común y criterio.

2.2.5.4. EFECTOS DE FALLA

Los efectos de falla constituyen la descripción de lo que sucede cuando se produce un modo de falla o desde otro punto de vista deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla.

Para este análisis, la norma SAE JA1012 Sección 9.2 plantea como necesario responder al siguiente cuestionario (SAE, n.d.):

a) *¿Qué evidencia (si existe alguna) que la falla ha ocurrido (en el caso de funciones ocultas, que podría pasar si ocurre una falla múltiple)?*
b) *¿Qué hace (si hace algo) para matar o dañar a alguien, o para tener efectos adversos en el ambiente?*
c) *¿Qué hace (si hace algo) para tener un efecto adverso en la producción o en las operaciones?*
d) *¿Qué daño físico (si existe alguno) causa la falla?*
e) *¿Qué (si existe algo) debe ser hecho para restaurar la función del sistema después de la falla?*

El siguiente cuadro permite relacional cada pregunta con la información que se debe obtener (Vásquez Oyarzún, 2008):

Tabla 10 CUADRO DESCRIPTIVO DE LOS EFECTOS DE FALLA

EFECTOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La evidencia de que se ha producido una falla	Su descripción es evidente para un operario y advierte si va precedida por: ruidos, fuego, humo, fugas de fluidos o si se detiene el equipo, etc. Para dispositivos de seguridad, debe detallarse que sucedería si fallase el dispositivo protegido mientras se encuentra en estado de falla.
Forma en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente	Debe señalarse la manera en que pueda alguien puede lesionarse o morir, o infringir alguna norma o reglamento relativo al medio ambiente.
Las maneras en que afecta a la producción o a las operaciones.	Debe indicarse cómo y cuánto afecta a la línea o el proceso. Generalmente tiene que ver con el tiempo de parada ocasionada por cada falla.
Los daños físicos causados por la falla	Cuantificar los daños.
Que debe hacerse para reparar la falla	Cuáles son las medidas correctivas a tomar para repararla.

Fuente: *Basado en "Aplicación del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad RCM en Motores Detroit 16v-149ti en Codelco División Andina".* VÁSQUEZ, David (2008)

2.2.5.5. FUENTES DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE FALLAS Y EFECTOS

En general, las guias de trabajo en RCM indican a los siguientes agentes como principales fuentes de información necesaria para iniciar un proceso de aplicación del modelo:

- El fabricante o proveedor del equipo.
- Listas Genéricas de Modos de Falla.
- Otros usuarios de la misma maquinaria.
- Registros de Antecedentes Técnicos.
- Las personas que operan y Mantienen el equipo.

2.2.5.6. CONSECUENCIAS DE FALLAS

Este trabajo describe el cómo y cuánto importa la ocurrencia de una falla, reducir los efectos de una falla, la frecuencia y/o severidad, reduce las consecuencias. Un análisis

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

detallado de una industria proporciona entre tres y diez mil modos de falla. Cada falla afecta la organización de alguna manera y con efectos diferentes sobre la operación, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. (Moubray, 2012)

2.2.5.6.1. LAS FUNCIONES OCULTAS, LAS EVIDENTES Y SUS FALLAS RELACIONADAS

"Una función evidente es aquella cuya falla eventualmente e inevitablemente se hará evidente por si sola a los operadores en circunstancias normales y una función oculta es aquella cuya falla no se hará evidente a los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por si sola."(Moubray, 2012)

Una falla "evidente" de una función protectora es aquella mediante la cual los efectos del modo de falla aislado se vuelven aparentes para el equipo de operadores en circunstancias normales.

La existencia de tales modos de falla crea tres escenarios posibles:

- La primera posibilidad es que ni la función protectora ni a función protegida fallen.
- La segunda posibilidad es que la función protegida falle antes de la protección.
- La tercera posibilidad es que la función protectora falle antes de la función protegida.

Las fallas ocultas se pueden identificar al hacerse la siguiente pregunta:

¿Algunos de los efectos de este modo se falla se harán evidentes para el equipo de operadores en circunstancias normales si el modo de falla ocurre aislado?

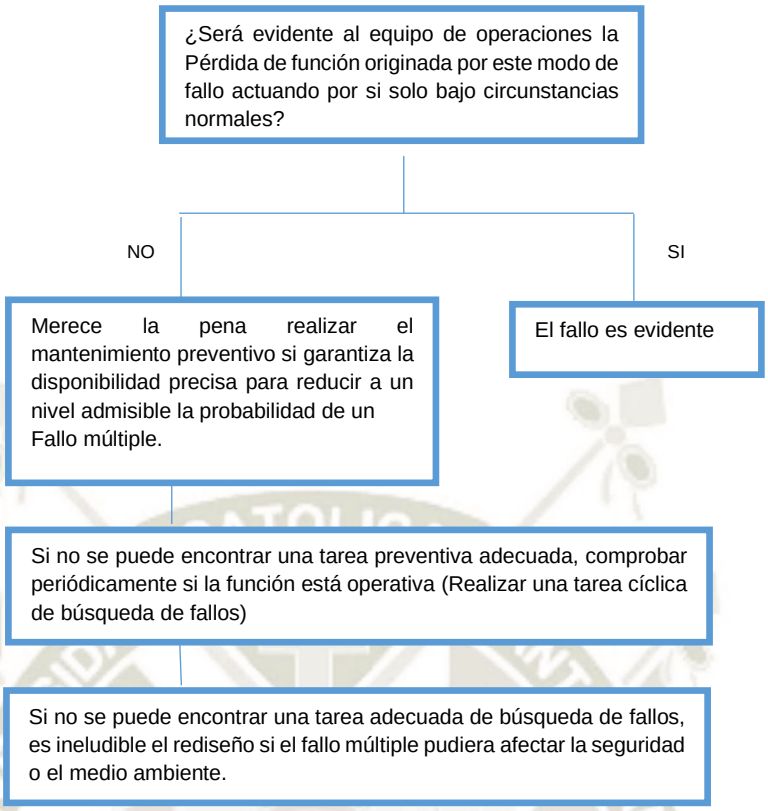
Si la respuesta a esta pregunta es no, el modo de falla es oculto. Si la respuesta es sí, es evidente, la figura 9 muestra una estrategia para identificar una función oculta y su estrategia de mantenimiento:

Figura 9 DIAGRAMA DE IDENTIFICACIÓN Y DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA UNA FUNCIÓN OCULTA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".* MOUBRAY, John. (2012)

2.2.5.6.2. CLASIFICACIÓN DE CONSECUENCIAS DE FALLA

El proceso de RCM evidencia que las consecuencias de fallas son más importantes que sus características técnicas, en consecuencia, el mantenimiento proactivo no sólo evita fallas sino, reduce las consecuencias de las fallas. El proceso de RCM clasifica estas consecuencias en dos campos como simplifica en la tabla 11.(ROJAS, 2010)

2.2.5.6.3. LA SEGURIDAD Y EL MANTENIMIENTO PROACTIVO

Los dispositivos de seguridad o de protección funcionan de una de cinco maneras:

- Alertando ante condiciones anormales de funcionamiento.
- Parando el equipo en caso de falla.
- Eliminando o aliviando las condiciones anormales originadas por una falla y de que otra manera podrían causar daños más serios.
- Asumiendo control de una función que ha fallado.
- Previniendo que surjan situaciones peligrosas

Tabla 11 CLASIFICACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS DE FALLA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

	CLASES DE CONSECUENCIAS DE FALLA	DESCRIPCIÓN
Categoría de Fallas evidentes	Consecuencias Operacionales	Si la falla afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Sus consecuencias cuestan dinero y se necesita invertir en tratar de prevenirlas.
	Consecuencias no operacionales	Fallas que no afectan ni a la seguridad ni a la producción directamente, pero si requieren reparación.
	Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente:	Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad o la condición física de alguien. Tiene consecuencias si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM prioriza las repercusiones antes del funcionamiento. Las personas están por encima de los problemas de producción.
Fallas de Funciones Ocultas	Consecuencias de las fallas no evidentes	No tienen impacto directo, pero pueden exponer a la organización a otras fallas con consecuencias serias o catastróficas. RCM les da prioridad alta y sugiere un acceso simple, práctico y coherente en relación con su mantenimiento.

Fuente: *Adaptado de "Plan para La Implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para Plantas de Concreto en Proyectos del Ice".* ROJAS Barahona, Randall (2010)

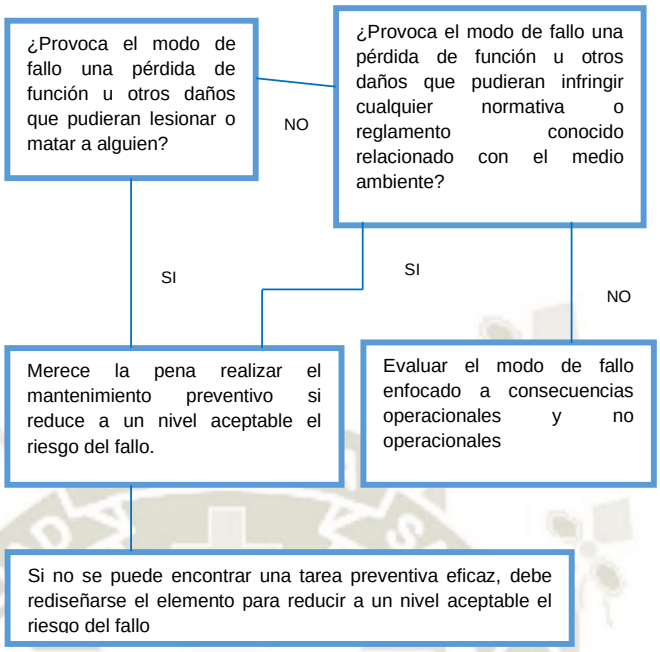
La Estrategia RCM obliga a la prevención de las fallas haciendo que los procesos sean seguros, esto hace que el proceso de decisión para modos de falla que tienen consecuencias en la seguridad y el medio ambiente se realicen bajo una estrategia como la mostrada en la figura 10:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 10 DIAGRAMA DE CONSECUENCIAS DE SEGURIDAD O MEDIO AMBIENTE



Fuente: *"Aplicación De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (RCM) a Equipos de Minería a Cielo Abierto Tomando Como Piloto La Flota Taladros de Voladura"*. ARIZA Rincón Albert Jair (2008)

Como una función oculta puede generar fallas múltiples, debemos asegurar que ésta no se encuentre en estado de falla y aun cuando falle la función debe estar protegida: "*Para fallas ocultas, merece la pena realizar una tarea proactiva si asegura la disponibilidad necesaria para reducir la probabilidad de una falla múltiple a un nivel tolerable."*(Moubray, 2012)

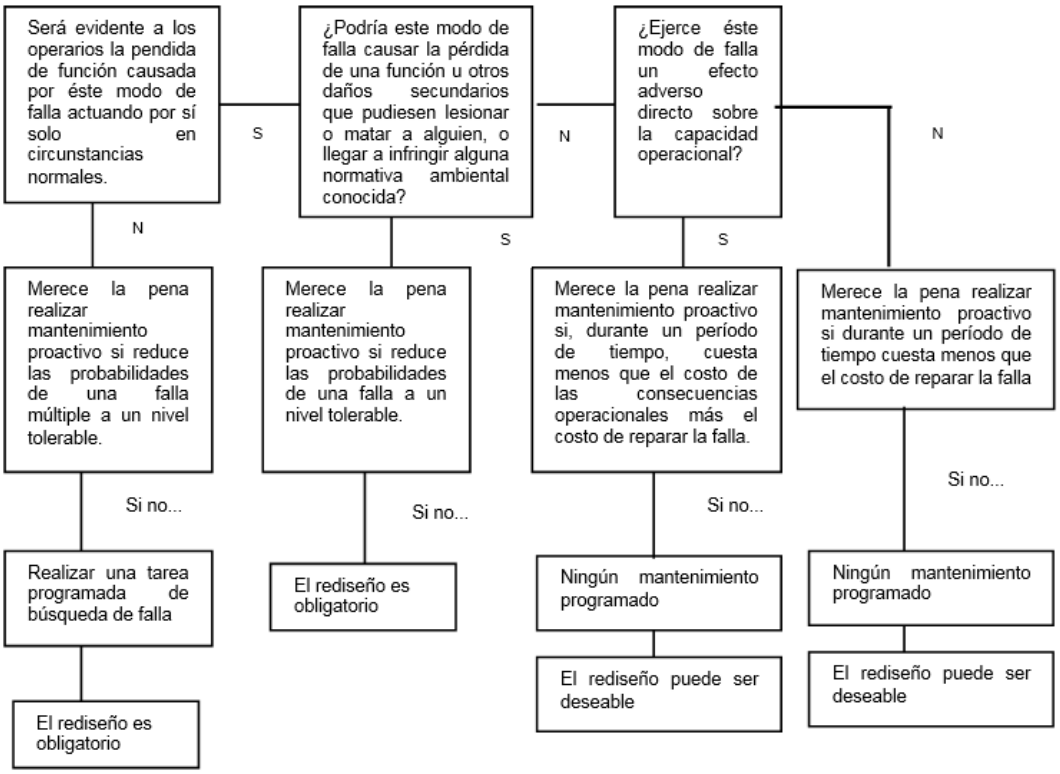
El siguiente cuadro muestra la secuencia de evaluación de las consecuencias de falla que resume un marco estratégico de trabajo para manejo de fallas.

Figura 11 DIAGRAMA DE EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS DE FALLA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad"*. MOUBRAY, John. (2012)

2.2.5.7. EL MANTENIMIENTO PROACTIVO

Para prevenir que el componente no llegue al estado de falla se deben llevar a cabo una serie de tareas antes que ocurra la falla, esta actividad comúnmente abarca los denominados mantenimiento preventivo y predictivo.

Las selecciones de tareas proactivas se basan en:

- La relación entre la edad del componente que se está considerando y la probabilidad de que falle.
- Lo que suceda cuando ha comenzado a ocurrir la Falla.

Al aplicar la estrategia RCM, ésta permite la división de las Tareas Proactivas de la siguiente manera:

a) En el campo preventivo:

- El reacondicionamiento cíclico implica re fabricar un componente o reparar un conjunto antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento.
- Las tareas de sustitución cíclica implican sustituir un componente antes de un límite de edad específico, más allá de su condición en ese momento

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

b) En el campo predictivo:

Denominado "tareas a condición" porque los componentes se dejan en servicio a condición de que continúen alcanzando los parámetros de funcionamiento deseados. (El mantenimiento a condición incluye el Mantenimiento Predictivo, mantenimiento basado en la condición y monitoreo de condición) Si son utilizadas correctamente son una muy buena manera de manejar las fallas, pero a la vez pueden ser costosa y una pérdida de tiempo. RCM permite tomar decisiones en esta área con certeza particular.

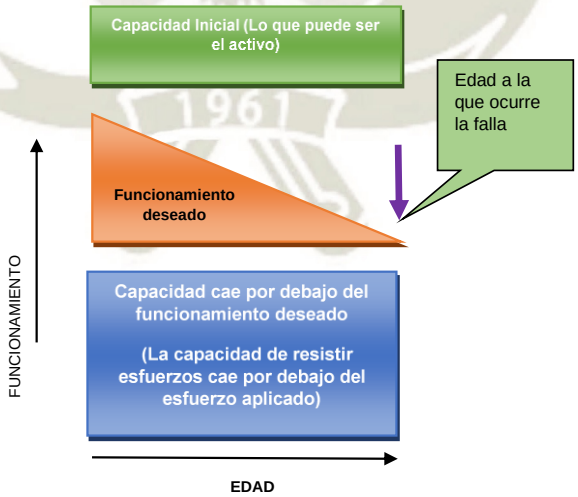
2.2.5.7.1. LA EDAD Y EL DETERIORO

Todo activo que se expone a cumplir una función, está sujeto a varios esfuerzos, esto hace que el activo se deteriore en un determinado tiempo.

La relación entre el esfuerzo y el tiempo sugiere que debe haber una relación directa entre el grado de deterioro y la edad del componente. Si esto es así, entonces deberíamos decir que el punto en que ocurre la falla también debe depender de la edad del componente.

La siguiente grafica muestra proceso del deterioro de un activo:

Figura 12 ESQUEMA DE DETERIORO HASTA LA FALLA



Fuente: Basado en "*Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".*
MOUBRAY, John. (2012)

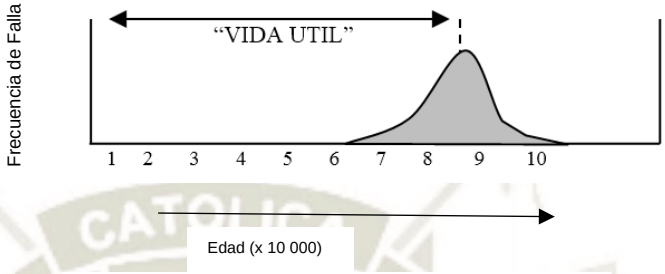
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La falla, puede relacionarse directamente con la edad y la tasa de variación de la resistencia también varía con respecto a la edad, aunque fuera pequeña, puede traer consecuencias negativas.

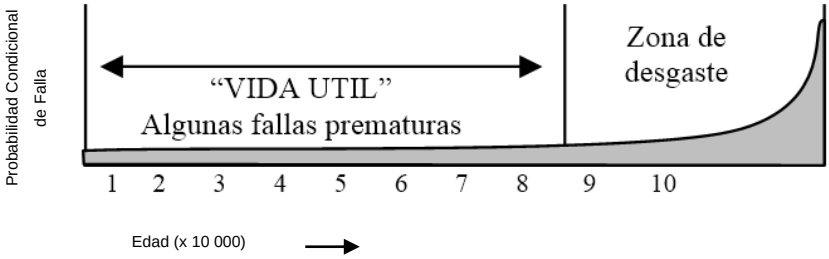
Figura 13 FRECUENCIA DE FALLA Y VIDA PROMEDIO



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".* MOUBRAY, John. (2012)

La curva de frecuencia de falla también puede ser dibujada como una curva de probabilidad condicional, en este caso el término *vida útil* define la edad en la que no hay un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla. Se espera que en ese periodo existan fallas denominadas *prematuras* pero cuyo incremento, por lo general, no es sensible.

Figura 14 EFECTOS DE FALLAS PREMATURAS



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".* MOUBRAY, John. (2012)

En algunas condiciones ciertos equipos presentan alta probabilidad de fallas al inicio de su vida activa, usualmente son de un periodo corto y se basa en diversas explicaciones, a este lapso se le conoce como mortalidad infantil.

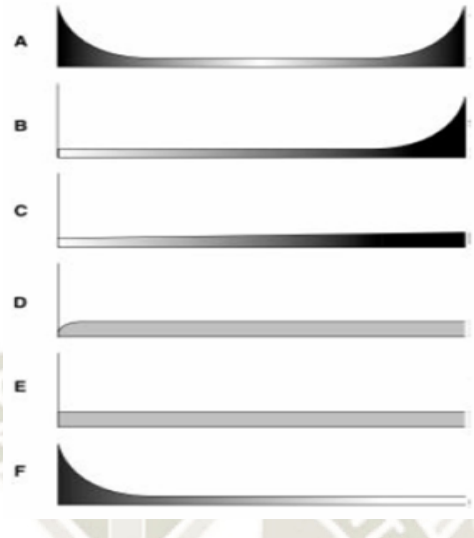
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Todos los casos resumidos en seis patrones conocidos como curvas de bañera. (Moubray, 2012)

Figura 15 SEIS PATRONES DE FALLA



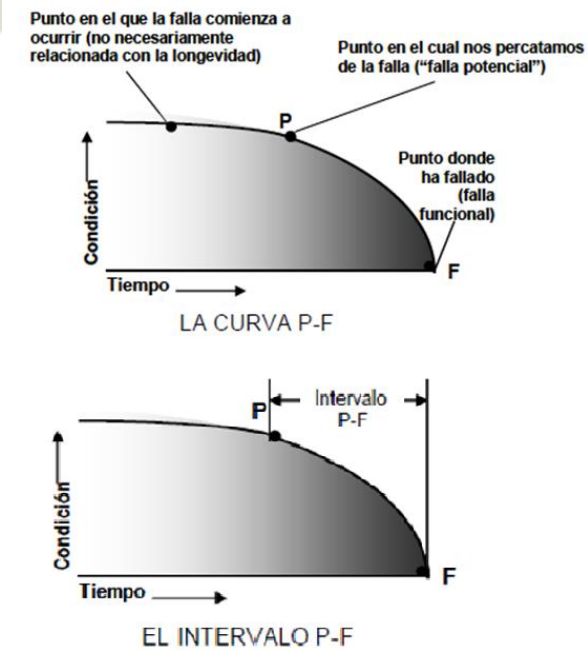
Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".* MOUBRAY, John. (2012)

2.2.5.7.2. TAREAS BASADAS EN CONDICIÓN

Las técnicas para detectar fallos potenciales se conocen como tareas de mantenimiento a condición, porque a los elementos de un activo se les hace seguimiento y se les deja en servicio a condición que cumplan las prestaciones deseadas.

La curva que encierra los intervalos de chequeo, el surgimiento del fallo potencial y el deterioro hacia un fallo funcional se le conoce como *curvas P-F*.

Figura 16 CURVA E INTERVALO P - F



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".* MOUBRAY, John. (2012)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En este punto la norma detalla textualmente: (SAE JA1011, Sección 5.7.2)

"*Cualquier tarea basada en condición que se seleccione (o predictiva, o basada en condición, o tarea de monitoreo de condición) debe satisfacer los siguientes criterios adicionales:*

a) Debe existir un potencial de falla claramente definido.

b) Debe existir un intervalo P-F identificable (o período para el desarrollo de falla).

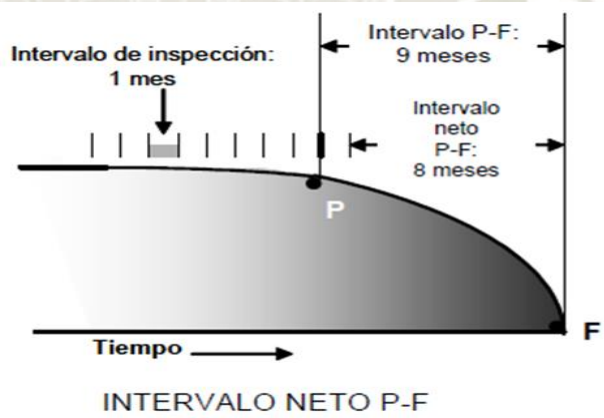
c) El intervalo de la tarea debe ser menor que el intervalo P-F probable o más corto.

d) Debe ser físicamente posible realizar la tarea en intervalos menores que el intervalo P-F.

e) *El tiempo más corto entre la detección de un potencial de falla y la ocurrencia de una falla funcional (el intervalo P-F menos el intervalo de la tarea) debe ser suficientemente largo para predeterminar la acción a ser tomada a fin de evitar, eliminar o minimizar las consecuencias del modo de falla*".

En consecuencia, es importante afinar el intervalo de inspección ya que muy corto resulta caro e improductivo y muy extenso puede ser ineficiente, terminando en una falla catastrófica.

Figura 17 INTERVALO DE INSPECCIÓN



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".*
MOUBRAY, John. (2012)

2.2.5.8. POLÍTICAS DE MANEJO DE FALLOS Y DIAGRAMA DE DECISIÓN

SAE JA1012 considera dos políticas de fallas denominadas cambios una sola vez y operar hasta fallar

2.2.5.8.1. CAMBIOS UNA SOLA VEZ

Las tareas programadas apropiadas en el proceso RCM se orientan a sostener el desempeño deseado del sistema en su configuración original.

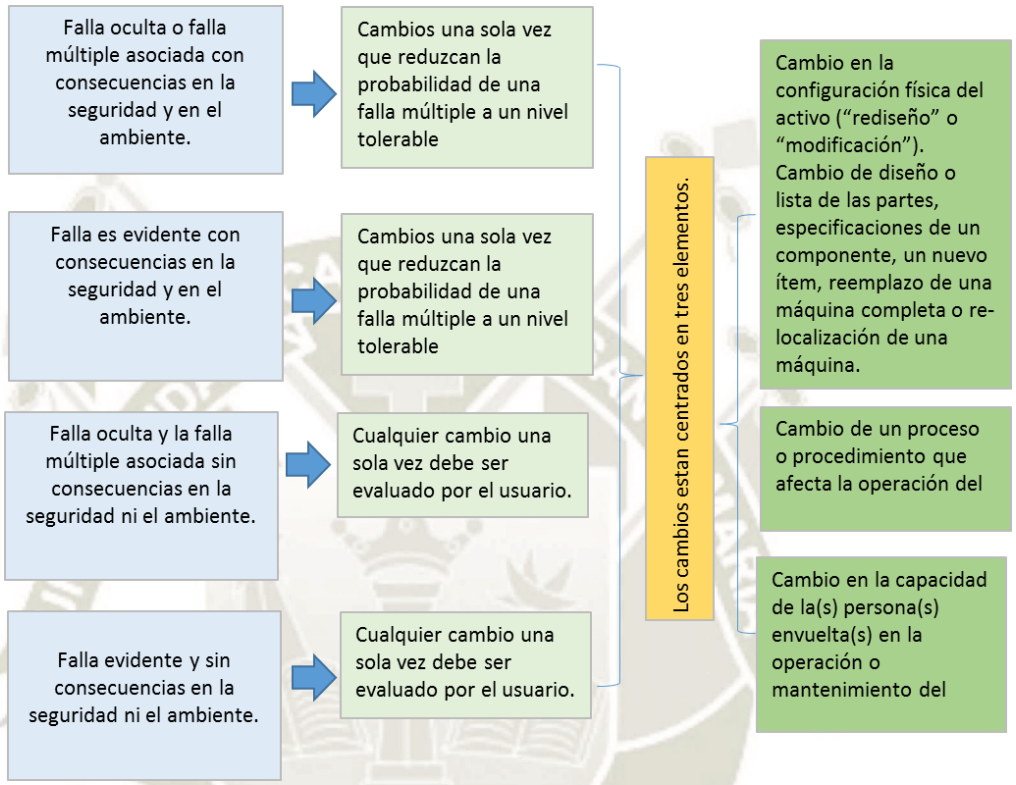
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Cuando estas tareas no están disponibles, pueden ser necesario aplicar el denominado "cambios una sola vez" del activo o sistema bajo los siguientes criterios (SAE, n.d.):

Figura 18 MANEJO DE FALLOS, CAMBIOS UNA SOLA VEZ



Fuente: *Arreglo basado en Norma SAE JA 1012.* SAE Internacional (2011)

2.2.5.8.2. OPERAR HASTA FALLAR

Cuando un equipo muestra ciertas fallas ocultas, sin embargo, no tienen repercusión contra la seguridad o el medio ambiente, no consideramos necesario instalar un equipo de reconocimiento de este tipo de fallas y podemos usar este componente con el concepto de operar hasta fallar, algo muy similar al mantenimiento correctivo.

2.2.5.8.3. LOS DIAGRAMAS DE DECISIÓN

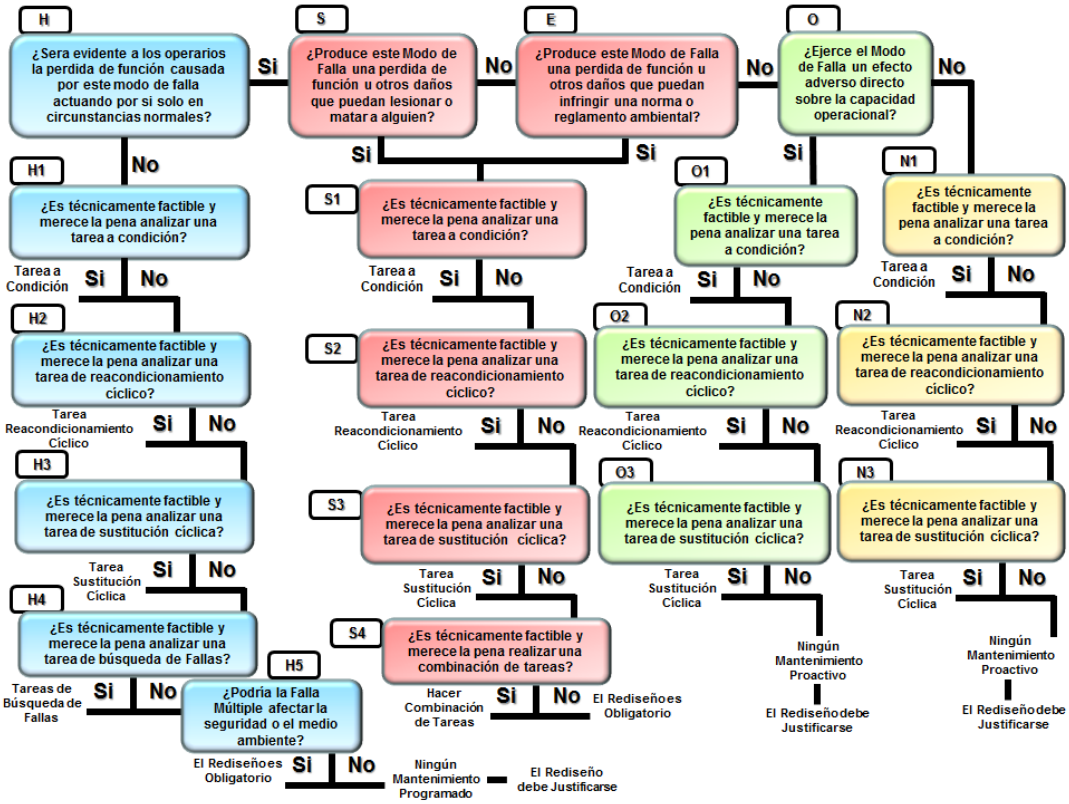
Alrededor del mundo se plantean muchos diagramas de decisión diferentes, algunos conformados según los principios discutidos previamente por normas y autores revisados en este trabajo, mientras que otros divergen sustancialmente adecuándose a una estructura propia. La figura 19 muestra un ejemplo del diagrama de decisión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 19 DIAGRAMA DE DECISIÓN RCM



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".* MOUBRAY, John. (2012)

2.2.5.9. INDICADORES DE EFECTIVIDAD DE MANTENIMIENTO

Permiten medir la efectividad del Mantenimiento Planificado, en cuanto al comportamiento, operación de las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos. Permite medir la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento.

2.2.5.9.1. INDICADORES DE EFECTIVIDAD

El siguiente cuadro permite revisar los más importantes parámetros de efectividad en mantenimiento basado en confiabilidad:

Tabla 12 PRINCIPALES INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDICADOR	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	FORMULA DE CALCULO
Tiempo Promedio para Fallar	TPPF	Tiempo promedio que opera un equipo, instalación o dispositivo a capacidad requerida sin interrupciones en un periodo determinado.	$TPPF = \frac{Horas\ operadas}{N°\ de\ Fallas}$
Tiempo Promedio para Reparar	TPPR	Tiempo promedio que se repara un equipo, instalación o dispositivo desde que el equipo falló, incluye hasta que el equipo es puesto en servicio.	$TPPR = \frac{Horas\ de\ fallos}{N°\ de\ Fallas}$
Disponibilidad	D	Capacidad de un equipo, instalación o dispositivo para realizar una función requerida bajo condiciones específicas en un periodo de tiempo determinado. Es el porcentaje de tiempo de buen funcionamiento del sistema, calculado sobre la base de un periodo determinado, Es la probabilidad de que un sistema reparable esté en funcionamiento. Se considera que la disponibilidad debe de ser mayor de 90%.	$D = \frac{TPPF}{TPPF + TPPR} x100$
Confiabilidad	C	Es la probabilidad de que un equipo, instalación o dispositivo pueda realizar una función requerida en un periodo determinado.	$C = e^{\frac{-t}{TPPF}}$

Fuente: *Elaboración Propia*

2.2.6. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE RCM

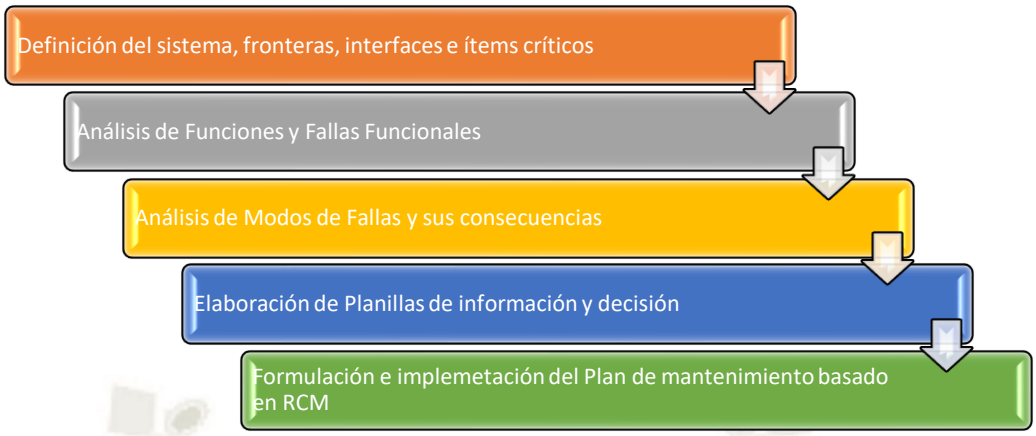
El RCM genera programas de mantenimiento preventivo o predictivo a partir de un análisis de las consecuencias de las fallas funcionales del sistema, seguido de un análisis de la relación entre cada tarea y los tipos de falla para determinar si la tarea es esencial desde la óptica de seguridad y el medio ambiente o desechable desde el punto de vista costo/beneficio. El siguiente cuadro refleja esta primera secuencia.

Figura 20 PROCESO RCM

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

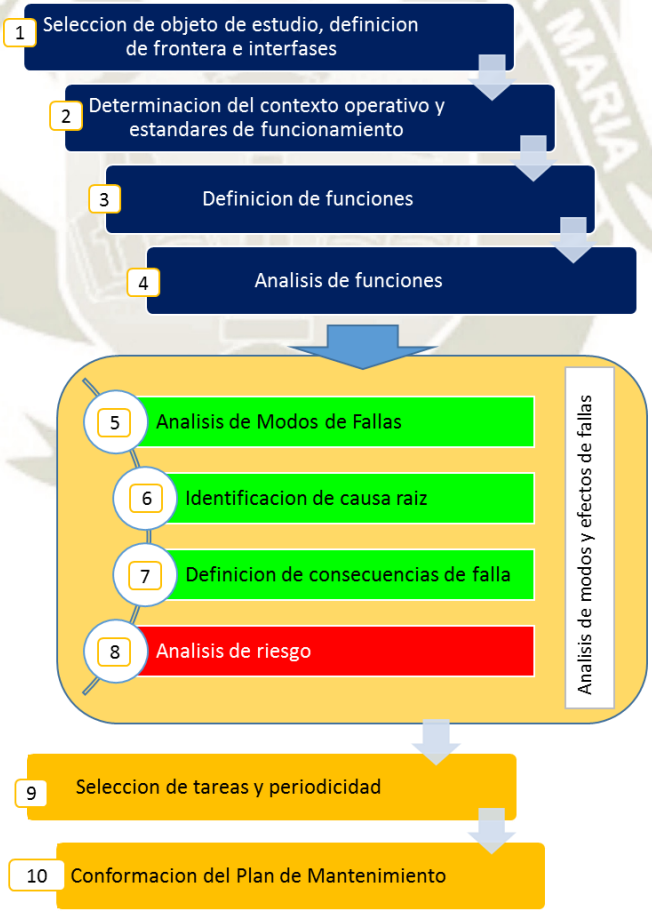
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: *Elaboración Propia*

Nuestro caso comprende una serie de actividades que se pueden resumir en el siguiente cuadro:

Figura 21 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO RCM



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.2.7. GRUPOS DE REVISIÓN RCM

El modelo RCM (Moubray, 2012) plantea un grupo conformado por seis agentes de influencia como se describe en el siguiente cuadro:

Figura 22 GRUPOS DE REVISIÓN RCM

Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad"*. MOUBRAY, John. (2012)

En la práctica, no siempre se tienen que completar los grupos con las características indicadas y no siempre es posible tener a los seis agentes de trabajo. El objetivo es conformar un grupo que pueda proveer toda o por lo menos la más importante información que se requiere. Esencialmente se trata de especialistas o agentes con mucha experiencia en el activo o los procesos que se analizan.

El Facilitador, tiene un rol crucial en la ejecución de la filosofía de RCM, además, influye en el consenso y la actitud de los participantes, marca el ritmo de trabajo y administra el tiempo y la logística de cada actividad. Su conocimiento sobre el proceso debe ser sólido.

2.2.8. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN

Se tienen como consenso tres estrategias de implementación, estos dependen del tipo de sistema, el tiempo en juego y el conocimiento sobre el proceso RCM.

- **Enfoque de la Fuerza de Tareas**. Se aplica ante problemas recurrentes o específicos de un activo. Es de baja inversión, pero requiere tiempo completo,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

el problema es que no se logra mucha participación de la organización y no se obtienen logros perdurables.

- **Enfoque Selectivo.** Se aplica en función del tipo de activo, su importancia en el proceso o influencia en la calidad del servicio. Determinar si un activo tiene estas características y si la urgencia tiene un nivel de prioridad se basa en encuestas sobre los usuarios generando una clasificación en orden de importancia y la posibilidad de un análisis por similitud. El proceso puede servir para generar un modelo "patrón" aplicable a los demás activos.

  Este proceso tiene la ventaja de producir retornos rápidos y mesurables con baja inversión, pero tiene la desventaja no mejorar el desempeño del personal a largo plazo.
- **Enfoque Amplio.** Esta estrategia implica analizar todos los activos en una campaña corta pero intensa o bien analizar grupos de activos cada uno con su propio facilitador y grupo de trabajo.

  Este proceso demora tiempo e involucra muchas personas, pero asegura un mejor trato sobre los problemas y sus soluciones, así como mayor posibilidad de perdurar.

2.2.9. LOGROS ESPERADOS A LA APLICACIÓN DE RCM

Los principales logros esperados son:

- Generar programas de mantenimiento adecuados para cada activo.
- Generar procedimientos adecuados para los operadores.
- Generar cambios de diseño de una sola vez, para otorgar estándares de funcionamiento deseados

La sensibilidad a la efectividad del mantenimiento se evidencia en cinco medidas básicas:

- Cuan seguido falla o su tasa de fallas
- El periodo de vida o durabilidad
- Cuanto tiempo está en servicio antes de una falla o Disponibilidad.
- Probabilidad de fallar en el próximo periodo.
- Eficiencia en los contextos más importantes del activo o el sistema.

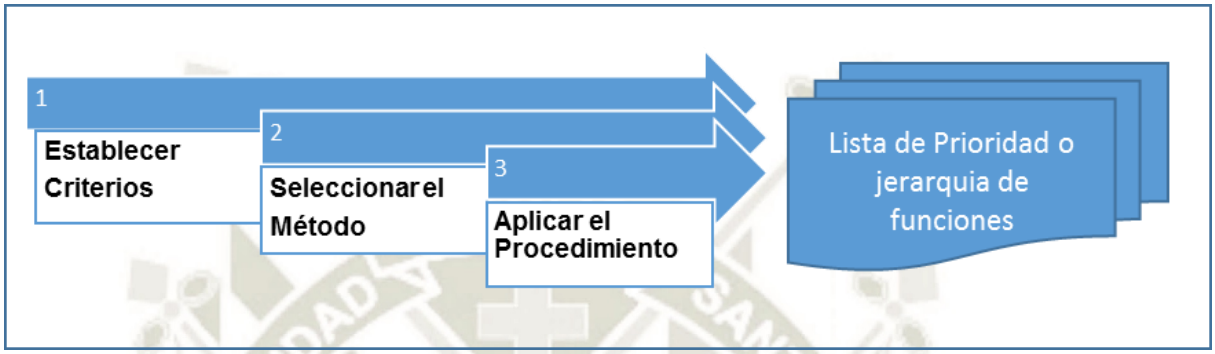
2.2.10. EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

Es una metodología que permite establecer la prioridad de equipos, procesos o sistemas en función de una estructura que facilite la toma de decisiones adecuadas orientando esfuerzos y recursos en áreas o elementos donde sea más importante o necesario hacia la mejora de la confiabilidad operacional del conjunto.

Figura 23 MODELO BÁSICO DE UN ANÁLISIS DE CRITICIDAD



Fuente: *"Aplicación De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (RCM) a Equipos de Minería a Cielo Abierto Tomando Como Piloto La Flota Taladros de Voladura"*. ARIZA Rincón Albert (2008)

Los campos de aplicación de este método son diversos, pero básicamente se aplica en: (Ariza Rincon, 2008):

- ✓ **Mantenimiento**, estableciendo los sistemas más críticos para priorizar programas y planes de mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo e inclusive rediseñar procedimientos o modificaciones, en principio, menores.
- ✓ **Inspección**, jerarquizando donde realizar inspecciones críticas, seleccionando intervalos y tipos de inspección requeridos para sistemas de protección y control (presión, temperatura, nivel, velocidad, flujo, etc.), así como para equipos dinámicos, estáticos y estructurales.
- ✓ **Logística**, ayudando a tomar decisiones más acertadas sobre el tipo de equipos, repuestos en existencia, partes menores, materiales y herramientas que deben estar disponibles, en un mínimo de stock y bajo un costo óptimo de inventario.
- ✓ **Disponibilidad de planta**, otorgando orientación adecuada para la ejecución de proyectos, inversión de capital y renovaciones de procesos, sistemas o equipos, considerando el área de mayor impacto total o de mayor nivel de criticidad.
- ✓ **A nivel del personal**, potenciando los objetivos del adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, permite generar un plan de formación técnica basado en necesidades reales y en las áreas más críticas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 13 CUADRO DE PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD

N°	Pasos	Descripción
1	Identificación: (equipos a estudiar)	Selección de los equipos más importantes dentro del proceso
2	Definición: (alcances y objetivos)	Estudio de Análisis de Criticidad (encuesta). Se requiere información de parte de los ingenieros, técnicos y operarios para priorizar órdenes de trabajo y proyectos de inversión.
3	Selección: (personal a entrevistar)	Preferentemente todas las personas involucradas
4	Recolección de datos:	Ordenar y analizar de la información lograda.

Fuente: Elaboración Propia

La ecuación de criticidad se define como:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

Donde la Frecuencia está definida por el número de fallas en un tiempo determinado (fallas/año) y la Consecuencia está basada en la adición de dos elementos (a + b).

a = Impacto operacional x flexibilidad operacional.

b = Costo de Mantenimiento + Impacto en seguridad ambiente e higiene (SAH).

La tabla 14 resume el concepto de los valores antes mencionados.

Tabla 14 CRITERIOS PARA ELABORAR ENCUESTAS Y TABLAS DE PONDERACIÓN DE VALORES DE CRITICIDAD

CRITERIO	DESCRIPCIÓN

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Frecuencia de fallas.	Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada en un período determinado.
Impacto operacional.	Es el porcentaje de producción afectado por la falla.
Costo de mantenimiento	Costos de materiales, repuestos y mano de obra. La información que se requiere es para obtener los valores de ponderación o comparación.
Flexibilidad operacional.	En caso de falla que opción producción de puede llevar a cabo y el grado de disponibilidad de repuestos.
Impacto en seguridad.	Posibilidad o riesgo de daños a personas, instalaciones y otros equipos.
Impacto ambiental.	Posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente

Fuente: *Elaboración Propia*

La tabla 15 muestra un ejemplo de una tabla de valores de criticidad a aplicar en procesos de una planta (Ariza Rincon, 2008). El valor asignado a la prioridad o la importancia de un evento puede variar por efectos subjetivos.

Finalmente se crea una matriz de criticidad en la que se ubican las actividades entre dos ejes que relacionan la frecuencia y su consecuencia. Convencionalmente se declaran tres estados: Alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad dispuestas en colores y campos diagonales como se muestra en la Figura 24.

Tabla 15 CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE LAS CRITICIDADES

FRECUENCIA DE FALLAS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Una falla máxima por día	4
Una falla máxima por semana	3
Una falla máxima por trimestre	2
Menos de una falla por año	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
Se detiene la producción y no hay repuesto	4
Hay posibilidad de repuesto compartido/almacén	2
Repuesto disponible	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida del lote	10
Parada del sistema o proceso con repercusión en otros sistemas	7
Impacto en el inventario y/o calidad	4
No generar ningún efecto significativo sobre la operación y/o producción	1
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE	
Afecta la seguridad humana y requiere de notificación a agentes externos de la organización	8
Afecta el ambiente y/o instalaciones	7
Afecta la instalación causando daños severos	5
Provoca daños menores en seguridad y ambiente	3
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones y ambiente	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Mayor o igual a US 5.000	2
Inferior a US 5.000	1

Fuente: *"Aplicación De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (RCM) a Equipos de Minería a Cielo Abierto Tomando Como Piloto La Flota Taladros de Voladura"*. ARIZA Rincón Albert (2008)

Figura 24 MATRIZ DE CRITICIDAD

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Frecuencia					
4	MC	MC	AC	AC	AC
3	MC	MC	MC	AC	AC
2	NC	NC	MC	AC	AC
1	NC	NC	NC	MC	AC
	10	20	30	40	50

Consecuencia

	NC = No críticos
	MC = Mediana criticidad
	AC = Alta criticidad

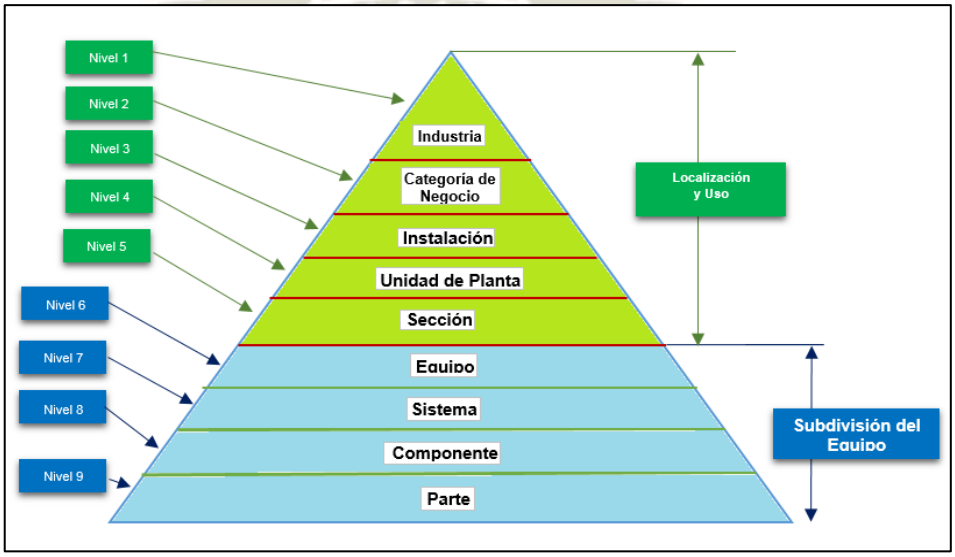
Fuente: *"Aplicación De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (RCM) a Equipos de Minería a Cielo Abierto Tomando Como Piloto La Flota Taladros de Voladura"*. ARIZA Rincón Albert (2008)

2.2.11. TAXONOMÍA DE LOS EQUIPOS

La norma ISO 14224 define la taxonomía como: *"Una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos, basándose en factores posiblemente comunes a varios de los elementos (ubicación, uso, equipo de subdivisión etc.). Comúnmente también son llamados árboles de equipos, por su característica jerarquizada de acceder a un activo."* (ISO 14224:2006, 2006).

El siguiente cuadro describe los niveles de clasificación desde el global de una planta hasta una parte específica.

Figura 25 PIRÁMIDE DE TAXONOMÍA



Fuente: ISO 14224:2006 *Petroleum, petrochemical and natural gas industries-Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. Adaptado por CASTRO J.*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.3. LA NORMA ISO/IEC 17025

La norma ISO/IEC 17025 - 2005, *International Organization for Standardization* (ISO) e *International Electrotechnical Commission* (IEC), detalla los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Es la norma más aplicada para esta actividad y constituye un aval de la competencia técnica y una garantía de confiabilidad a nivel nacional e internacional. Es una herramienta para facilitar el comercio internacional y la apertura de mercados.

La primera edición (1999) de esta Norma internacional fue en base a la experiencia de la Guía ISO/IEC 25 y de la Norma EN 45001 a las que posteriormente reemplazó.

La primera edición tuvo como referencia las Normas ISO 9001:1994 e ISO 9002:1994, pero al ser reemplazadas por la Norma ISO 9001:2000, se hizo necesario alinear la Norma ISO/IEC 17025: 1999. Esto hace que al cumplir la Norma ISO/IEC 17025, se cumpla intrínsecamente con la Norma ISO 9001.

La Norma 17025 se alinea con la Norma ISO 9001:2008, pero la certificación por la Norma ISO 9001 no demuestra por sí misma la competencia del laboratorio para producir datos y resultados técnicamente válidos, por otro lado, la norma ISO 17000 que trata sobre las conformidades, resulta ser una norma terminológica y descriptiva, insuficiente para determinar operaciones específicas de un laboratorio.

En noviembre de 2017, se publica la nueva Norma ISO/IEC 17025: 2017 con algunas modificaciones y nuevos alcances.

En Perú, el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) ha asumido la norma con la nomenclatura NTP ISO 17025: 2017.

La Norma concede una relación de condiciones para que los laboratorios de ensayo y calibración puedan demostrar que aplican un sistema de gestión adecuado y competente generando resultados técnicamente válidos y aceptados en todo lugar.

Con esta herramienta se facilita el intercambio de información y experiencia científica y la cooperación entre laboratorios.

Aplicando la Norma 17025 se evalúa (ISO/IEC, 2005):

- competencia técnica del personal
- métodos de ensayo o calibración adecuados para el uso deseado
- trazabilidad de ensayos y calibraciones a los patrones nacionales e internacionales

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- calibración, mantenimiento de los equipos de ensayo
- control de las condiciones ambientales que puedan afectar los ensayos o calibraciones
- muestreo, manipulación y transporte de los elementos de ensayo o de calibración
- aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración

2.3.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Literalmente la norma indica los siguientes objetos y campos de aplicación (ISO/IEC, 2005)**:**

1. *Esta Norma Internacional establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o de calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.*
2. *Es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos o calibraciones. Éstas pueden ser, por ejemplo, los laboratorios de primera, segunda y tercera parte, y los laboratorios en los que los ensayos o las calibraciones forman parte de la inspección y la certificación de productos.*
3. *Es aplicable a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración. Cuando un laboratorio no realiza una o varias de las actividades contempladas en esta Norma Internacional, tales como el muestreo o el diseño y desarrollo de nuevos métodos, los requisitos de los apartados correspondientes no se aplican.*
4. *Las notas que se incluyen son aclaraciones de textos, ejemplos y orientación. No contienen requisitos y no forman parte integral de la Norma Internacional.*
5. *Esta Norma Internacional es para que la utilicen los laboratorios cuando desarrollan sistemas de gestión para sus actividades de la calidad, administrativas y técnicas. Pueden ser utilizada por clientes del laboratorio, autoridades reglamentarias y organismos de acreditación cuando confirman o reconocen la competencia de los laboratorios. Esta Norma Internacional no está destinada a ser utilizada como la base para la certificación de los laboratorios.*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

6. *El cumplimiento de los requisitos reglamentarios y de seguridad relacionados con el funcionamiento de los laboratorios no está cubierto por esta Norma Internacional.*
7. *Si los laboratorios de ensayo y de calibración cumplen los requisitos de esta Norma Internacional, actuarán bajo un sistema de gestión de la calidad para sus actividades de ensayo y de calibración que también cumplirá los principios de la Norma ISO 9001. El Anexo A proporciona referencias nominales cruzadas entre esta Norma Internacional y la Norma ISO 9001. Esta Norma Internacional cubre requisitos para la competencia técnica que no están cubiertos por la Norma ISO 9001.*

   NOTA 1 El Anexo B se proporciona orientación para establecer aplicaciones para campos específicos (véase la Norma ISO/IEC 17011).

   NOTA 2 Si un laboratorio desea ser acreditado para todas o para parte de sus actividades de ensayo o de calibración, debería seleccionar un organismo de acreditación que funcione de acuerdo con la Norma ISO/IEC 17011.

   NOTA 3 Para los propósitos de este documento se aplican los siguientes términos y definiciones pertinentes de la Norma ISO/IEC 17000 y del VIM. Cuando las definiciones de la Norma ISO 9000 sean diferentes, tienen preferencia las de la Norma ISO/IEC 17000 y las del VIM (Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología)

2.3.2. ALCANCES DE LA NORMA

Las entidades acreditadoras toman preferentemente la norma ISO/IEC 17025 como referencia para evaluar procesos de conformidad de los laboratorios de ensayos o calibración de equipos.

Para atestiguar la competencia sobre todas las actividades que involucran el desempeño adecuado de un laboratorio deben estar regidos por una norma ya sea nacional o internacional. La difusión y ejecución de esta norma es a nivel mundial, es por ello que las entidades acreditadoras otorgan preferencia por este documento.

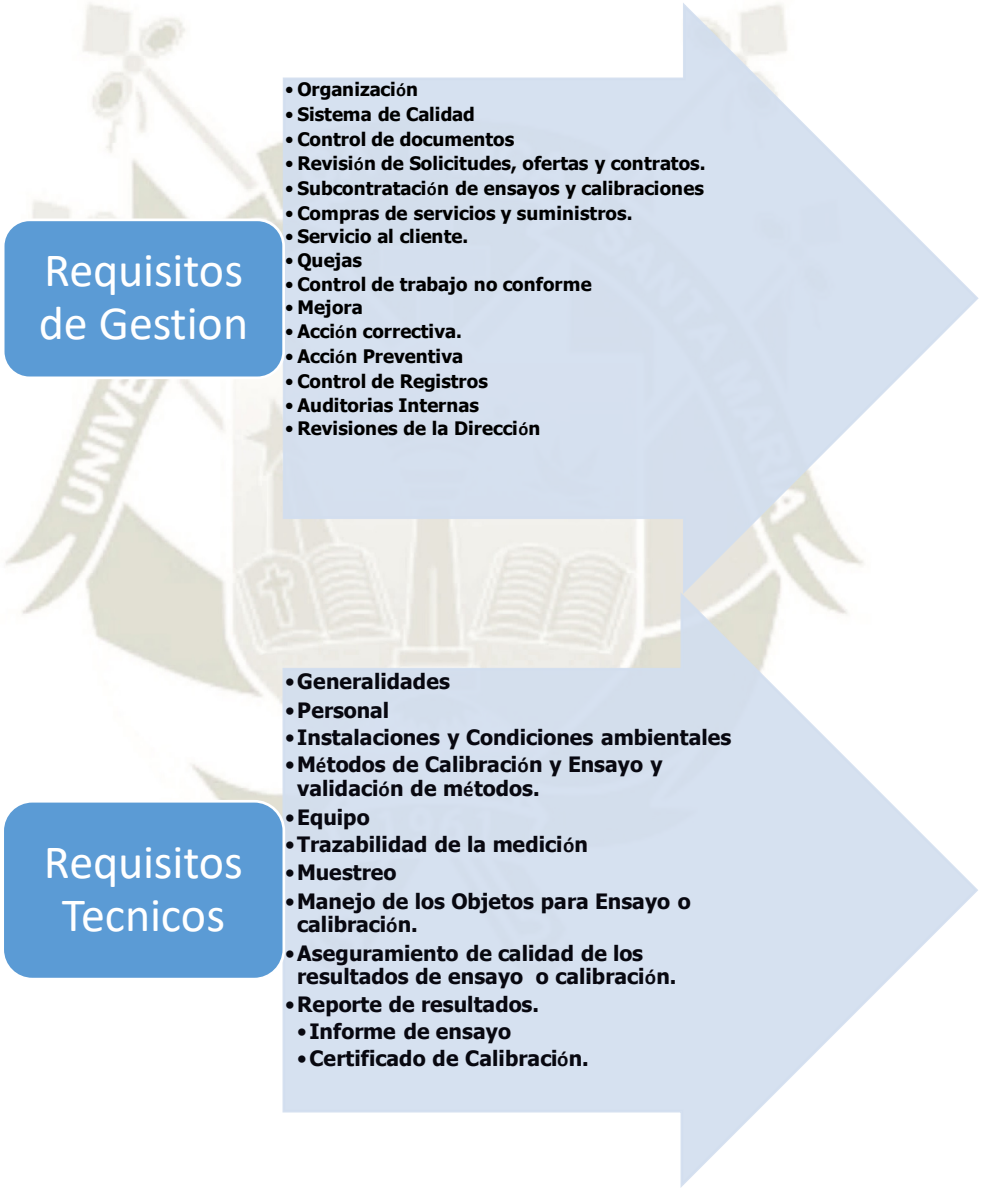
Un laboratorio de ensayo o calibración que desea acreditarse bajo la norma internacional ISO/IEC 17025, debe ejecutar y mostrar evidencia del cumplimiento de los requisitos contenidos en las 25 secciones siguientes:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 26 CUADRO DE REQUISITOS DE LA NORMA ISO/IEC 17025



Adaptación de la Norma ISO/IEC 17025 (2005)

Fuente: *Elaboración Propia*

Estos requisitos contemplan la elaboración e implantación de:

- Un Manual de Calidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Política de gestión y técnicas, incluida una política de calidad.
- Procedimientos de gestión y técnicos, los cuales requieren la generación de evidencia objetiva de su implantación: Registros de Gestión y Registros Técnicos.

Figura 27 PIRÁMIDE DE LA DOCUMENTACIÓN ISO/IEC 17025

Adaptación de la Norma ISO/IEC 17025 (2005)

Fuente: *Elaboración Propia*

2.3.3. NUEVOS ALCANCES Y ESPECIFICACIONES DE LA NORMA.

La norma ISO/IEC 17025:2017 desarrollada bajo la coordinación del Comité de Evaluación de la Conformidad de ISO (CASCO), incluye los requisitos para evaluar la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración sustituyendo el texto vigente desde 2005 con el objetivo de adaptarse a los últimos cambios en la práctica de los laboratorios y las nuevas tecnologías de la información aplicadas, además de adecuarse a la estructura del resto de las normas ISO de la serie 17000.

Los laboratorios acreditados deberán cumplir con los nuevos requisitos en el plazo de tres años de forma que, para esa fecha, todos los certificados de acreditación deberán ser emitidos haciendo referencia a la nueva norma.

El siguiente cuadro resume los temas que trata la nueva norma (Norma ISOC, 2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 28 DETALLE DE LA NORMA ISO/IEC 17025:2017

1. Objeto y campo de aplicación
2. Referencias normativas
3. Términos y definiciones
4. Requisitos generales
    - 4.1 Imparcialidad
    - 4.2 Confidencialidad
5. Requisitos estructurales
6. Requisitos de recursos
    - 6.1 Generalidades
    - 6.2 Personal
    - 6.3 Instalaciones de laboratorio y condiciones ambientales
    - 6.4 Equipos
    - 6.5 Trazabilidad metrológica
    - 6.6 Productos y servicios suministrados externamente
7. Requisitos del proceso
    - 7.1 Revisión de solicitudes, cotizaciones y contratos
    - 7.2 Selección, verificación y validación del método
    - 7.3 Muestreo
    - 7.4 Manejo de elementos de ensayo o calibración
    - 7.5 Registros técnicos
    - 7.6 Evaluación de la incertidumbre de la medición
    - 7.7 Aseguramiento de la calidad de los resultados
    - 7.8 Informe de resultados
    - 7.9 Reclamos
    - 7.10 Gestión del trabajo no conforme
    - 7.11 Control de datos. Gestión de la información
8. Requisitos de gestión
    - 8.1 Opciones
    - 8.2 Documentación del sistema de gestión
    - 8.3 Control de documentos del sistema de gestión
    - 8.4 Control de registros
    - 8.5 Acciones para considerar los riesgos y las oportunidades
    - 8.6 Mejora
    - 8.7 Acción correctiva
    - 8.8 Auditorías internas
    - 8.9 Revisiones por la dirección

ANEXO A (Informativo) Trazabilidad metrológica

ANEXO B (informativo) Sistema de gestión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Adaptación de la Norma ISO/IEC 17025 (2005)

Fuente: *Elaboración Propia*

Es importante notar que las diferencias más importantes son:

- ✓ El alcance, revisado para abarcar todas las actividades de laboratorio, incluidos los ensayos, la calibración y el muestreo.
- ✓ Nueva estructura para alinear la nueva norma con el resto de normas de evaluación de conformidad de la serie ISO/IEC 17000.
- ✓ El enfoque de proceso ahora coincide con el desarrollado en las normas más nuevas como ISO 9001 (gestión de calidad), ISO 15189 (para laboratorios clínicos) y la serie ISO / IEC 17000 (para actividades de evaluación de conformidad), poniendo énfasis en los resultados del proceso en lugar de en la descripción detallada de las tareas y los pasos.
- ✓ Está más enfocada al uso de las tecnologías de la información. Dado que los manuales, los registros y los informes en papel se están eliminando gradualmente, incorpora el uso de sistemas informáticos, registros electrónicos y la producción de resultados e informes electrónicos.
- ✓ Una nueva sección introduce el concepto "Risk-Based Thinking" (Pensamiento basado en el riesgo) en línea con la nueva versión de ISO 9001 sobre sistemas de gestión de la calidad.
- ✓ La terminología ha sido actualizada. Se han incluido cambios en el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) en línea con la terminología ISO relacionadas con la evaluación de la conformidad.

La Tabla 16 muestra una comparación cruzada entre las dos versiones.

2.3.4. LA CALIBRACIÓN Y EL MANTENIMIENTO

A menudo los auditores se plantean un cuestionario para abordar una condición de calidad y comprobar que se cumplen estándares definidos en función de la condición de los equipos:

Mediciones y exactitud:

¿Cómo se identifican las mediciones requeridas por el producto?

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

¿Se identifican los requerimientos de exactitud de las mediciones?

¿Las instalaciones de prueba son verificadas y su exactitud determinada antes de autorizar su uso?

¿Se realizan verificaciones periódicas de las instalaciones de prueba?

Tabla 16 COMPARACIÓN CRUZADA DE LA NORMA ISO/IEC 17025

ISO/IEC 17025:2005		ISO/IEC 17025:2017	
1	Alcance y campo de aplicación	1	Alcance
2	Referencias normativas	2	Referencias normativas
3	Términos y definiciones	3	Términos y definiciones
4	Requisitos relativos a la gestión	8 8.1	Requisitos de gestión Opciones
4.1	Organización	4 4.1 4.2 5	Requisitos generales Imparcialidad Confidencialidad Requisitos estructurales
4.2	Sistema de gestión	5 8.2	Requisitos estructurales Documentación del sistema de gestión
4.3	Control de documentos	8.3	Control de documentos
4.4	Revisión de solicitudes, cotizaciones y contratos	7 7.1	Registros de proceso Revisión de solicitudes, cotizaciones y contratos
4.5	Subcontratación de ensayos y/o calibraciones	6.5 7.1	Productos y servicios provistos externamente Revisión de solicitudes, cotizaciones y contratos
4.6	Compras de servicios y suministros	6.5	Productos y servicios provistos externamente
4.7	Servicio al cliente	7.1 8.5	Revisión de solicitudes, cotizaciones y contratos Acciones para establecer los riesgos y oportunidades
4.8	Reclamos	7.9	Reclamos
4.9	Control de trabajo de ensayo y/o calibración no conforme	7.10	Gestión del trabajo no conforme
4.10	Mejoramiento	8.6	Mejoramiento
4.11	Acciones correctivas	8.7	Acciones correctivas
4.12	Acciones preventivas		
4.13	Registros	7.5 8.4	Registros técnicos Registros
4.14	Auditorías internas	8.8	Auditorías internas
4.15	Revisiones por la dirección	8.9	Revisiones por la dirección
5	Requisitos técnicos		
5.1	Generalidades		
5.2	Personal	6 6.2	Requisitos de recursos Personal
5.3	Instalaciones y condiciones ambientales	6.3	Instalaciones del laboratorio y condiciones ambientales
5.4	Métodos de ensayo y/o calibración y validación de los métodos	7.2 7.4 7.11	Selección, verificación y validación de métodos Evaluación de la incertidumbre de la evaluación Control de datos
5.5	Equipos	6.4	Equipos
5.6	Trazabilidad de mediciones	6.6	Trazabilidad metrológica
5.7	Muestreo	7.3	Muestreo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.8	Manipulación de los ítems de ensayo y/o calibración	7.4	Manipulación de los ítems de ensayo y/o calibración
5.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y/o calibración	7.7	Aseguramiento de la calidad de los resultados
5.10	Informe de los resultados	7.8	Informe de los resultados

Fuente: *"Instituto Nacional de Normalización INN, Chile (2017)*

Equipos de inspección:

¿Cómo se selecciona el equipo de inspección?

¿Existe un procedimiento de verificación del equipo de inspección antes de su puesta en uso?

¿El equipo de inspección es utilizado bajo condiciones ambientales que aseguren la exactitud de sus mediciones?

¿Se manipula, transporta y almacena adecuadamente el equipo de inspección?

¿Se tiene un sistema que evite que el equipo de inspección sea ajustado por personal no autorizado?

¿Se han identificado todos los equipos que afectan la calidad del producto?

Calibraciones:

¿Existe un programa de calibraciones para cada uno de los equipos de inspección?

¿Existe un procedimiento de calibración para cada uno de los equipos?

¿Se han identificado los límites de aceptación de las calibraciones para cada equipo?

¿Se pueden relacionar las calibraciones con un estándar reconocido internacionalmente?

Si no existe un estándar, ¿cuáles son las bases de la calibración?

¿Todas las calibraciones se encuentran al día?

¿Cómo se identifica el estado de calibración de cada equipo?

¿Existe un procedimiento para verificar las pruebas realizadas con equipos que se encuentran fuera de los límites de calibración?

Cada equipo debe calibrarse con base en un equipo de prueba certificado y validado por un estándar reconocido. En caso de que no exista un estándar, se debe identificar la base de la calibración.

Equipo fuera de calibración

Cuando se encuentra que un equipo de prueba se encuentra fuera de los límites de calibración, es necesario verificar las pruebas realizadas con dicho equipo desde la última calibración aceptable. Esto asegura que se identifique el impacto de cualquier

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

equipo fuera de tolerancia sobre la calidad del producto y se tomen acciones correctivas.

Todos los elementos de las instalaciones de prueba, incluyendo los programas de computador, deben ser verificados antes de aprobar su uso, con el fin de asegurar su capacidad para determinar que el producto es aceptable.

Tabla 17 DOCUMENTACIÓN ISO/IEC 17025 PARA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

En...	Información acerca de...
... documentos	Las mediciones realizadas y su exactitud
	Identificación de todos los equipos de inspección, medición y prueba que afectan la calidad del producto
	Los estándares de medición sobre los que se basan las calibraciones
	Los procedimientos de calibración
	Acción requerida cuando los resultados de las calibraciones no son satisfactorios
	Verificaciones periódicas requeridas para las instalaciones de prueba
... registros de calidad	Resultados de las calibraciones
	Validez de las inspecciones y pruebas realizadas con los equipos que resulten fuera de las tolerancias de calibración
	Resultados de las verificaciones de las instalaciones de prueba

Adaptación de la Norma ISO/IEC 17025 (2005)

Fuente: *Elaboración Propia*

2.3.5. INDICADORES DE CALIBRACIÓN Y ENSAYOS RELACIONADOS A LA APLICACIÓN DE RCM.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El objetivo es asegurar que se controlen, calibren y mantengan todos los equipos de inspección, medición y ensayo utilizados en el laboratorio para demostrar que el servicio cumple con los requerimientos especificados. Las incertidumbres en las mediciones se conocen y son consistentes con las capacidades de medición requeridas. El siguiente cuadro resume los criterios tomados en cuenta.

Tabla 18 INDICADORES ISO/IEC 17025 PARA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

Indicador ISO/IEC	RCM asegura que:
Identificación de los requerimientos de medición	Se cumple con la exactitud requerida.
Selección de los equipos de prueba	Se evalúan los equipos con respecto a su capacidad para proporcionar la medición requerida
Verificación de los equipos de prueba	los equipos poseen la capacidad de realizar las mediciones con la precisión y exactitud requeridas
Protección de los equipos de inspección	se preservan contra las condiciones ambientales
	se manipulan, transportan y almacenan adecuadamente
	solamente son ajustados y calibrados por personal autorizado
Documentación	se siguen los procedimientos de prueba
	se poseen criterios de aceptación
Calibración	se programan las calibraciones periódicas
	se realizan satisfactoriamente
Indicación del estado de calibración	cada equipo posee su etiqueta de calibración
	se tienen registros de las calibraciones

Fuente: *Elaboración Propia*

2.4. EL EQUIPO DE ENSAYO DE TRACCIÓN – COMPRESIÓN

El equipo de ensayo de tracción- compresión se le denomina usualmente como maquina universal debido a que se trata de una prensa que puede realizar ambos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ensayos (tracción o compresión) según se requiera, sujetando una pieza entre dos mordazas o mandíbulas accionadas por un tornillo o sistema hidráulico.

La máquina de ensayos universales tiene como función comprobar la resistencia de diversos tipos de materiales. Para esto posee un sistema que aplica cargas controladas sobre una probeta (modelo de dimensiones preestablecidas) y mide en forma de gráfica la deformación, y la carga al momento de su ruptura.

Con esta máquina es posible someter a distintos materiales a ensayos de tracción, tensión, compresión, corte, flexión para de esta manera determinar las propiedades físicas y mecánicas del material a ensayar.

2.4.1. CLASIFICACIÓN

Se clasifican según su estructura, el tipo de accionamiento y su condición de ensayo.

Por su estructura. Pueden ser de una sola columna o de doble columna.

Por su tipo de accionamiento. Mecánicos o hidráulicos.

Por su condición de ensayo. Estáticos o dinámicos

Las siguientes figuras muestran estos tipos:

Figura 29 MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO ESTÁTICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fuente: *Maquina ProLine, Zweck Roel. Alemania*

Figura 30 MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO HIDRÁULICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fuente: *Maquina IBMT4, Ibertest, España*

Figura 31 MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO DINÁMICO

Fuente: *MTS (Material Testing Machine), USA*

2.4.2. PARTES DE UNA MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS

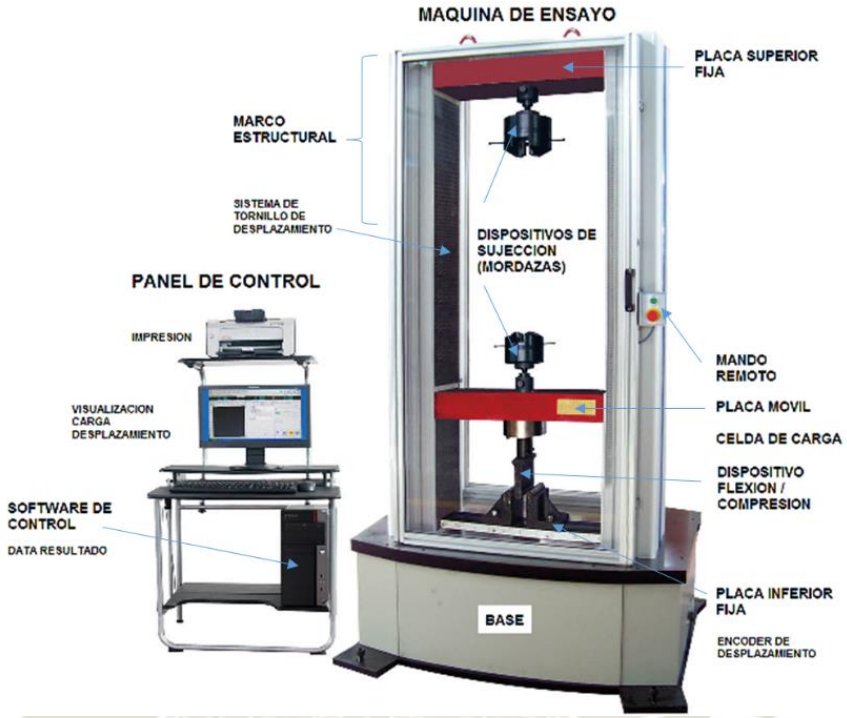
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El siguiente grafico detalla las partes más importantes del equipo de tracción compresión:

Figura 32 PARTES DE UNA MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS



Fuente: *Elaboración Propia*

Estas máquinas usan las denominadas celdas de carga para traducir la fuerza aplicada a una señal eléctrica el cual es traducido por un dispositivo transductor que digitaliza el nivel de voltaje y lo traduce en equivalencia de carga. Simultáneamente el desplazamiento del cabezal móvil, controlado y regulado electrónicamente, permite diagramar la carga con el desplazamiento dando como resultado un cuadro como el mostrado (Ortiz Berrocal, 2007):

Tabla 19 TIPOS DE CELDAS DE CARGA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Material	Límite elástico (MN/m²)	Carga de rotura (MN/m²)
Diamante	50	—
Alúmina	5	—
Carburo de titanio	4	—
Cobalto y aleaciones	180 - 2000	500 - 2500
Acero bajo contenido de carbono	500 - 1960	680 - 2400
Aleaciones de níquel	200 - 1600	400 - 2000
Níquel	70	151
Titanio y aleaciones	180 - 1320	300 - 1400
Hierro dulce	220 - 1.030	400 - 1200
Aleaciones de cobre	60 - 960	250 - 1000
Cobre	60	400
Aleaciones de aluminio	100 - 627	300 - 700
Aluminio	40	200
Aleación de cinc	160 - 421	200 - 500
Hierro	50	200
Aleaciones de magnesio	80 - 300	125 - 380
GFRP	—	100 - 300
Oro	40	220
PMMA	60 - 110	110
Nailon	49 - 87	100
Poliestireno	34 - 70	40 - 70
Plata	55	300
Maderas comunes (fibras paralelas)	—	35 - 55
PVC	45 - 48	—
Polipropileno	19 - 36	33 - 36
Maderas comunes (fibras perpendiculares)	—	4 a 10

Fuente: Materiales de celdas de carga para máquinas de ensayos de tracción / compresión
McGraw-Hill, ed. Resistencia de materiales. Ortiz Berrocal, Luis (2007).

2.4.3. ENSAYOS APLICABLES

Los ensayos mecánicos en ingeniería permiten hallar características que diferencian un material de otro desde el punto de vista de su comportamiento mecánico, en la maquina universal, los ensayos de tracción y compresión permiten medir la resistencia a la tracción en relación a la deformación, asimismo la compresión y la deformación, el coeficiente de Poisson y el módulo de elasticidad o de Young.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.4.3.1. EL ENSAYO DE TRACCIÓN

El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta la rotura. De esta forma se mide la resistencia de un material a una fuerza básicamente estática o muy lenta. Las velocidades de deformación en un ensayo de tensión son muy pequeñas ($\varepsilon = 10^{-4}$ a 10^{-2} s^{-1}).

Las principales variables relacionadas son:

- Módulo de elasticidad o Módulo de Young, es el resultado de dividir la tensión por la deformación unitaria, dentro de la región elástica de un diagrama esfuerzo-deformación.
- Coeficiente de Poisson, es la fracción entre el alargamiento longitudinal y el acortamiento de las longitudes transversales a la dirección de la fuerza.
- Límite de fluencia o límite elástico aparente: valor de la tensión que soporta la probeta en el momento de producirse la cedencia o fluencia. Aquí se da la transición entre las deformaciones elásticas y plásticas.
- Límite elástico (límite elástico convencional o práctico): valor de la tensión a la que se produce un alargamiento prefijado (0,2%, 0,1%, etc.) en función del extensómetro empleado. Es la máxima tensión aplicable sin que se produzcan deformaciones permanentes en el material.
- Carga de rotura o resistencia a tracción: Fuerza máxima resistida por la probeta la que dividida por la sección inicial de la probeta brinda el esfuerzo máximo o de rotura.
- Alargamiento de rotura, es el incremento de longitud sufrida por la probeta. Se mide entre dos puntos normalizados y se expresa en porcentaje.
- Longitud calibrada, es la longitud inicial sobre la que se determina la deformación unitaria o el cambio de longitud y el alargamiento (medido con un extensómetro).
- Tasa de reducción de área y estricción, es la relación porcentual del área final entre el área inicial de la probeta, para un sólido lineal e isótropo dicha reducción viene dada por:

$$\frac{A}{A_o} = \left(1 - \upsilon \frac{\sigma}{E}\right)^2$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Donde:

A_o, es el área inicial.

υ y E, son el coeficiente de Poisson y el módulo de Young.

σ, es la tensión en dirección longitudinal de la pieza.

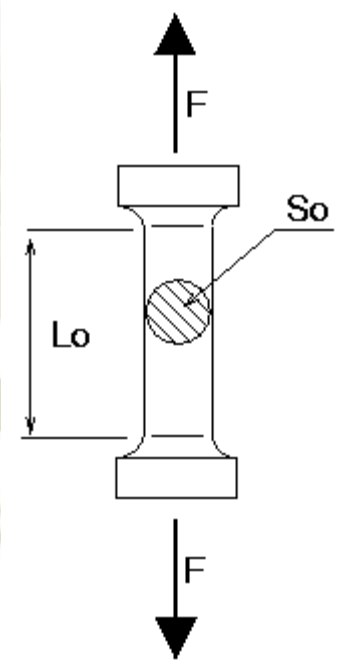
La forma y dimensión de probetas de ensayo están basadas en una longitud de trabajo Lo que depende de cada norma.

Para que un ensayo sea comparable es necesario que se cumpla la siguiente relación:

$$\frac{L_o}{\sqrt{S_o}} = \frac{L'_o}{\sqrt{S'_o}}$$

Donde L es la longitud de prueba o de ensayo y S es la superficie de la sección de prueba.

Figura 33 PROBETA TÍPICA DE ENSAYO



Fuente: *Elaboración Propia*

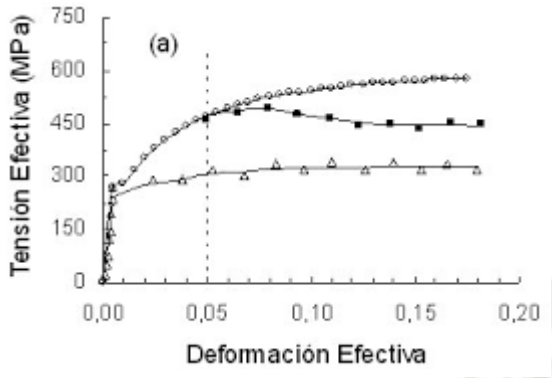
Un resultado típico de ensayo es como se muestra en la Figura 34:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 34 CURVA TÍPICA DE ENSAYO



***Fuente**: Curvas tensiones efectiva-deformación efectivas obtenidas en los ensayos de tracción-torsión cíclica.* *scielo.conicyt.cl*

Las normas de ensayo más usadas son las ISO 6892-1 y la ASTM E8/8M, estas describen métodos de prueba de tracción para determinar el límite elástico, punto de alargamiento de rendimiento, resistencia a la tracción, elongación y reducción de área de materiales metálicos. Se aplica a materiales metálicos en cualquier forma, incluyendo: hojas, láminas, alambre, varilla, barra, tubo, y el tubo. Para cada uno de estos tipos de muestras, la norma define geometrías y dimensiones adecuadas, que requieren soluciones específicas de agarre que son críticos para la realización de una prueba exitosa

2.4.3.2. EL ENSAYO DE COMPRESIÓN

Consiste en aplicar una carga axial de compresión de forma gradual y creciente a una probeta normalizada hasta que se produzca la ruptura.

Este ensayo tiene limitaciones que se deben considerar:

- La dificultad de aplicar una carga realmente concéntrica o axial.
- La inestabilidad de este tipo de carga, hay tendencia a esfuerzos flexionantes y el efecto de las irregularidades de alineación que se acentúa a medida que la carga aumenta.
- La fricción entre los puentes y las cabezas de las probetas debido a la expansión lateral lo cual puede alterar los resultados.
- La necesidad de áreas seccionales grandes para obtener un grado de estabilidad apropiado (evitar pandeo), esto significa una maquina muy grande y con

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

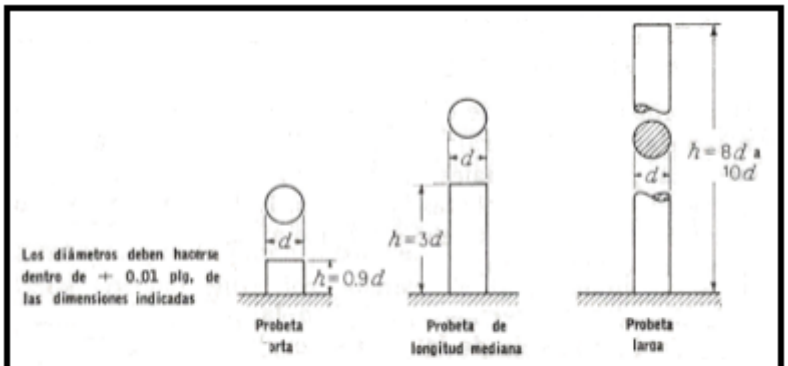
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

control de recorridos muy cortos. La relación usual entre longitud y diámetro es de 2 o más dependiendo del material y se sugiere una relación entre altura y diámetro de 10 como límite superior.

La norma usada en este ensayo es la ASTM E9. Las probetas para ensayos de compresión de materiales metálicos recomendados se muestran en la Figura 35. Las probetas cortas son para usarse en metales antifricción, las de longitud mediana para uso general y las largas para determinar el módulo de elasticidad. Los ensayos de compresión de lámina metálica deben cargarse en una plantilla que requiere un apoyo lateral contra el pandeo sin interferir con las deformaciones axiales de la probeta. Los detalles de esas plantillas y las características de las probetas están descritos por la ASTM E9.

Figura 35 PROBETAS DE ENSAYO A COMPRESIÓN



DIMENSIONES SUGERIDAS PARA LAS PROBETAS		
TIPO	DIAMETRO D PLG	ALTURA H PLG
CORTO	1 1/8	1
LONGITUD MEDIANA	1/2 0.798 1 1 1/8	1 1/2 2 3/8 3 3 3/8
LONGITUD	4/5 1 1/4	6 3/8 12 1/2

Fuente: *ASTM E 9*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO 3

ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN

3. ANÁLISIS ACTUAL DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)

3.1. INFORMACIÓN PRIMARIA, ANÁLISIS.

Debido a la necesidad de apoyar la formación académica de ingenieros mecánicos e ingenieros industriales y desarrollar investigación en el campo de los materiales de ingeniería, el Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) del programa Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica de la Universidad Católica de Santa María comenzó su funcionamiento en el año 2011 con la compra de una máquina de ensayos universal, durómetros digitales, durómetros analógicos y una línea de ensayos metalográficos.

Actualmente el Laboratorio de Ensayo de Materiales cuenta con dos máquinas universal de ensayos de materiales para Metales, Polímeros y Compuestos, 2 Durómetros Digitales para metales, dos durómetros universales para metales, dos durómetros para polímeros y/o compuestos, 4 microscopios invertidos y uno microscopio digital, dos muflas, un equipo Charpy para metales, un brabender, una prensa para conformado térmico, un troquel con prensa para cortar probetas, 4 pulidoras metalográficas, un ro-tap, yugos magnéticos, líquidos penetrantes, ultrasonido, equipo de soldadura de plásticos. Los cuales son utilizados actualmente en la práctica de los cursos de Materiales de Fabricación, Ciencia de los Materiales.

El LEM viene realizando apoyo a diferentes trabajos de investigación de los programas profesionales de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil y Odontología.

Finalmente, el LEM tiene la capacidad de brindar servicios al sector industrial en las áreas de metales, polímeros, compuestos y cerámicos, contando con personal capacitado en el área, especialistas e investigadores que respaldan los trabajos y resultados emitidos. En esta condición, el 2015 se autorizó la creación del Centro de Producción de Bienes y Servicios del Laboratorio de Ensayo de Materiales con el fin de acreditar esta última función.

Para la realización de este análisis se implementó una serie se cuestionarios algunos cerrados y otros de apreciación abierta. Los encuestados fueron 7 personas directamente relacionados a las diversas actividades del laboratorio y con diversas funciones, además

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

es necesario que estuvieran relacionados con los ensayos de la máquina de tracción - compresión, ya que este es el objetivo de este trabajo.

3.1.1. UBICACIÓN

El pabellón R (numeración 9 de la figura 1) recientemente remodelado albergara laboratorios de Mecánica e Industrial, asimismo ambientes destinados a aulas y espacios para desarrollo de procesos industriales diversos.

Figura 36 PLANO DE UBICACIÓN DEL PABELLÓN R LABORATORIOS DE MECÁNICA

Fuente: *Universidad Santa Maria Map/ Universidad Santa Maria Mapa/ Laccei*

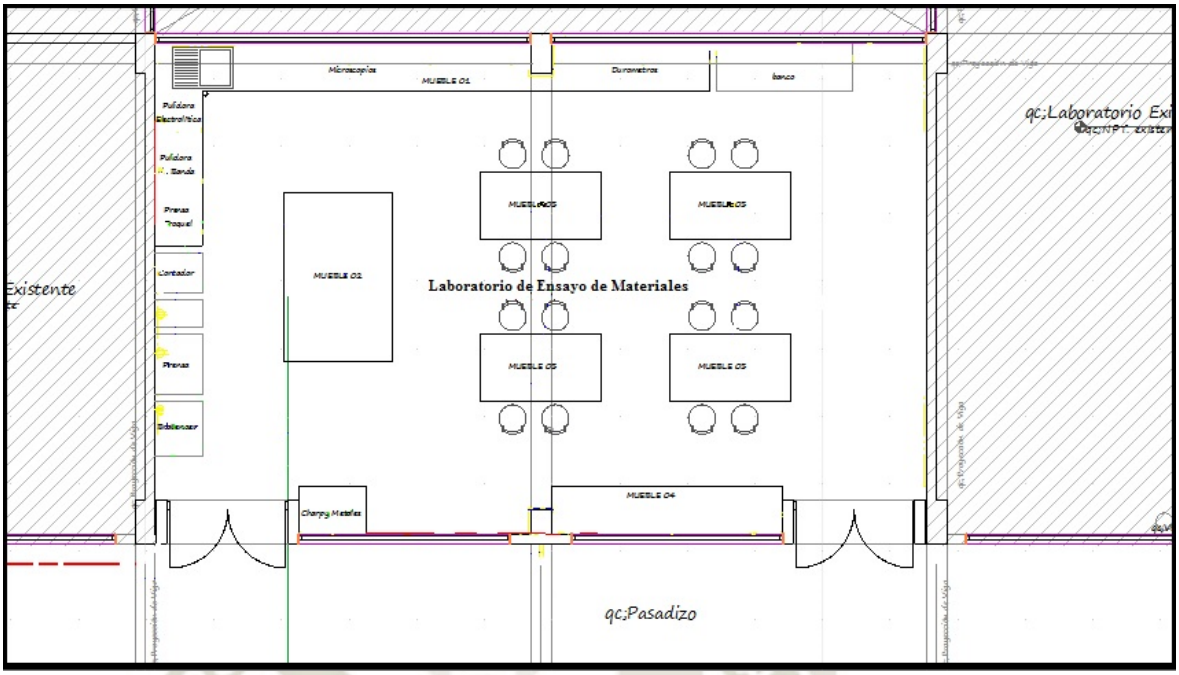
La nueva ubicación de LEM tendrá dos locales, en el ala izquierda del primer piso será destinado para instalar la máquina de ensayos de tracción - compresión y que estará compartido por el brazo robot industria en un ambiente cerrado de manera conveniente. El conjunto restante del laboratorio tendrá dos ambientes en el ala izquierda del tercer piso, este contendrá los equipos de ensayos cuyo peso bruto no sea mayos a 1000 kgf. El siguiente cuadro detalla la ubicación de los dos sectores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

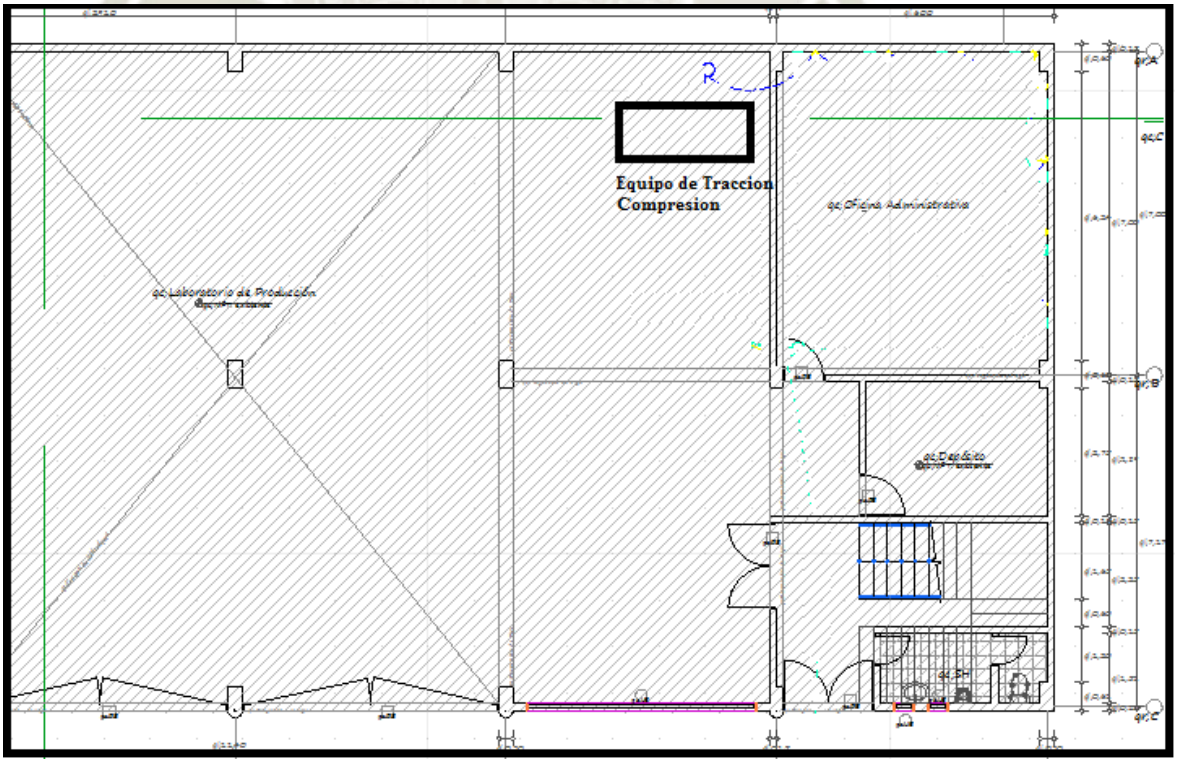
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 37 UBICACIÓN DEL LEM EN EL TERCER PISO DEL PABELLÓN R



Fuente: *Universidad Católica de Santa María/ Nuevo Pabellón R (2018)*

Figura 38 UBICACIÓN DEL EQUIPO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN EN EL PRIMER PISO DEL PABELLÓN R



Fuente: *Universidad Católica de Santa María/ Nuevo*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

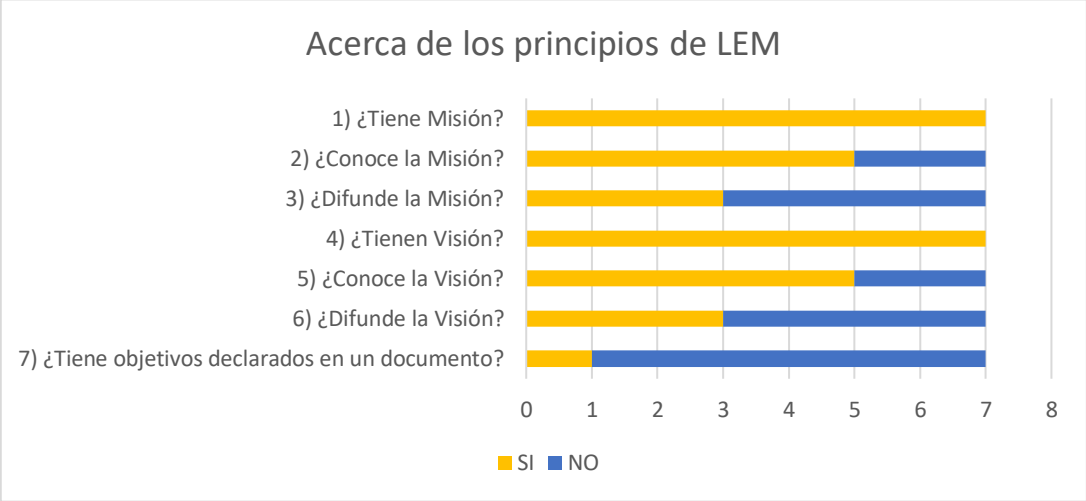
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.1.2. VISIÓN Y MISIÓN

La visión y la misión de una empresa o actividad constituyen el primer eje del lineamiento estratégico de cualquier actividad.

La siguiente figura muestra los resultados del análisis del estado en relación a estos lineamientos:

Figura 39 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE PRINCIPIOS DEL LEM



Fuente: *Elaboración Propia*

Como resultado del cuestionario planteado se observa que tanto la misión como la visión del laboratorio están en proceso de definirse. Es importante recordar que estas declaraciones que confieren un pensamiento de mediano y largo plazo deben estar alineados con la misión y visión de la Escuela Profesional y la Facultad.

3.1.3. OBJETIVOS DEL LEM

Se plantearon las siguientes preguntas basados en los objetivos de los laboratorios de la UCSM.

Tabla 20 CUESTIONARIO SOBRE OBJETIVOS DEL LEM

ACERCA DE LOS OBJETIVOS DE LEM		PUNTAJE
8	En su opinión, priorice los siguientes objetivos del LEM. Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos prioritario y 5 es el mas prioritario:	**1 - 5**
8.1	Brindar practicas adecuadas a los alumnos de EPIMMEM	
8.2	Brindar ensayos para investigación	
8.3	Brindar servicios a empresas o instituciones	
8.4	Acreditar los trabajos realizados	
8.5	Desarrollar innovación	

Fuente: *Elaboración Propia*

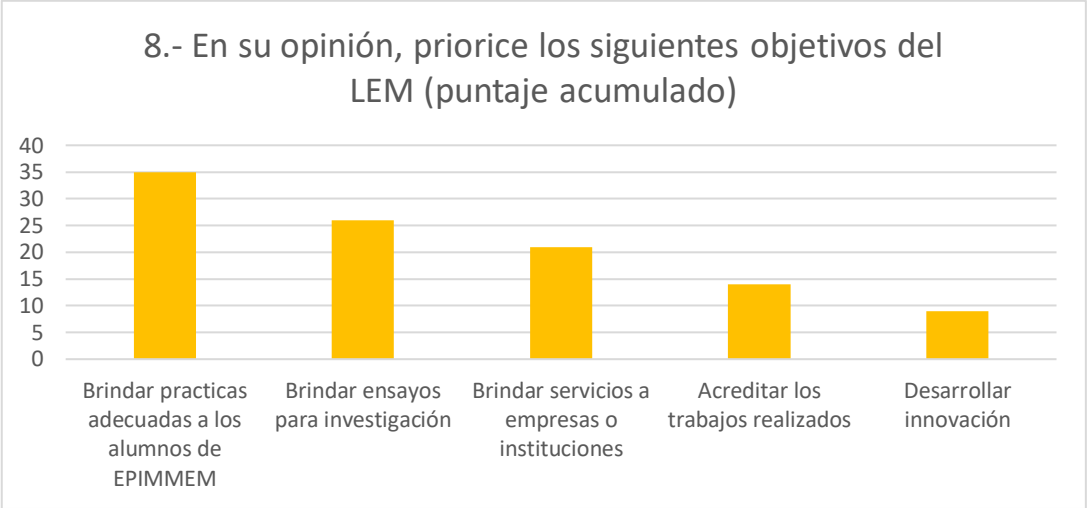
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Cuyos resultados son:

Figura 40 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE OBJETIVOS DEL LEM



Fuente: *Elaboración Propia*

En base a la encuesta proporcionada a los miembros activos del laboratorio se tienen los siguientes objetivos:

- Brindar a la comunidad estudiantil un espacio adecuado para realizar prácticas de ensayos que permitan comprender y definir las características físicas y mecánicas de diversos materiales.
- Ofrecer servicios técnicos especializados en áreas como la mecánica y el control de calidad de los materiales utilizados en proyectos de ingeniería e investigación.
- Acreditar los trabajos realizados de modo que puedan ser trazados.
- Ser un centro que permita generar innovación, desarrollo e investigación en nuestra casa superior de estudios.

Por otro lado, se hizo la encuesta sobre la efectividad de estos servicios:

Tabla 21 ENCUESTA SOBRE CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL LEM

9	En su opinión, ¿Cuales objetivos se cumplen?. Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos prioritario y 5 es el mas prioritario:	**1 - 5**
9.1	Brindar practicas adecuadas a los alumnos de EPIMMEM	
9.2	Brindar ensayos para investigación.	
9.3	Brindar servicios a empresas o instituciones.	
9.4	Acreditar los trabajos realizados.	
9.5	Desarrollar innovación.	

Fuente: *Elaboración Propia*

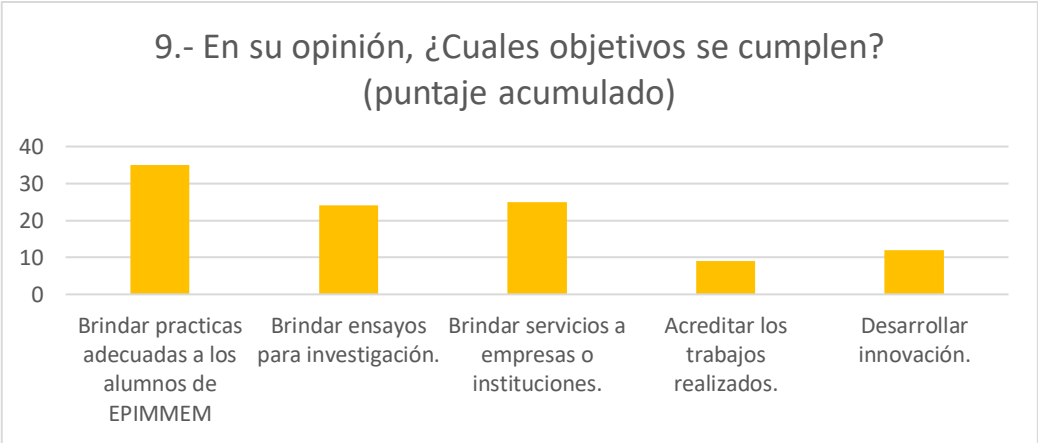
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los resultados son:

Figura 41 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL LEM



Fuente: *Elaboración Propia*

De los resultados se evidencian que brindar el servicio a los alumnos es la primera prioridad y la segunda en este tiempo está relacionada a los servicios externos y la investigación. La acreditación y la capacidad de desarrollar innovación están postergados.

3.1.4. ESTRATEGIA DE FUNCIONAMIENTO DEL LEM

El laboratorio tiene 2 funciones claras: brindar funciones académicas y brindar servicio externo.

3.1.4.1. FUNCIONES ACADÉMICAS

Las encuestas realizadas muestran que las principales funciones de orden académico son:

- Realizar prácticas de demostración y ensayo en cursos relacionados a materiales, tanto en área de pregrado como de posgrado.
- Realizar ensayos orientados a investigación y desarrollo. En esta función es donde se requiere las mejores condiciones de los equipos ya que para respaldar una investigación hace falta que el equipo este calibrado y la operación homologada.

3.1.4.2. FUNCIONES DE SERVICIO EXTERNO

Esta es la actividad que al igual que la requerida para investigación, hace falta tener los equipos en alto grado de precisión y en condiciones que avalen la gestión orientada en

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

esta actividad. La norma ISO/IEC 17025 es la que da condiciones que orientan la calidad de todo ensayo realizado en un laboratorio.

3.1.4.3. PERCEPCIÓN DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DEL LEM

Para analizar la estrategia funcional del LEM es necesario hacer una encuesta en relación a la percepción sobre su conocimiento y aplicación. Se realizaron las siguientes preguntas cuyos resultados fueron:

Figura 42 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE ESTRATEGIA FUNCIONAL DEL LEM

Fuente: *Elaboración Propia*

3.1.5. ORGANIZACIÓN DEL LEM

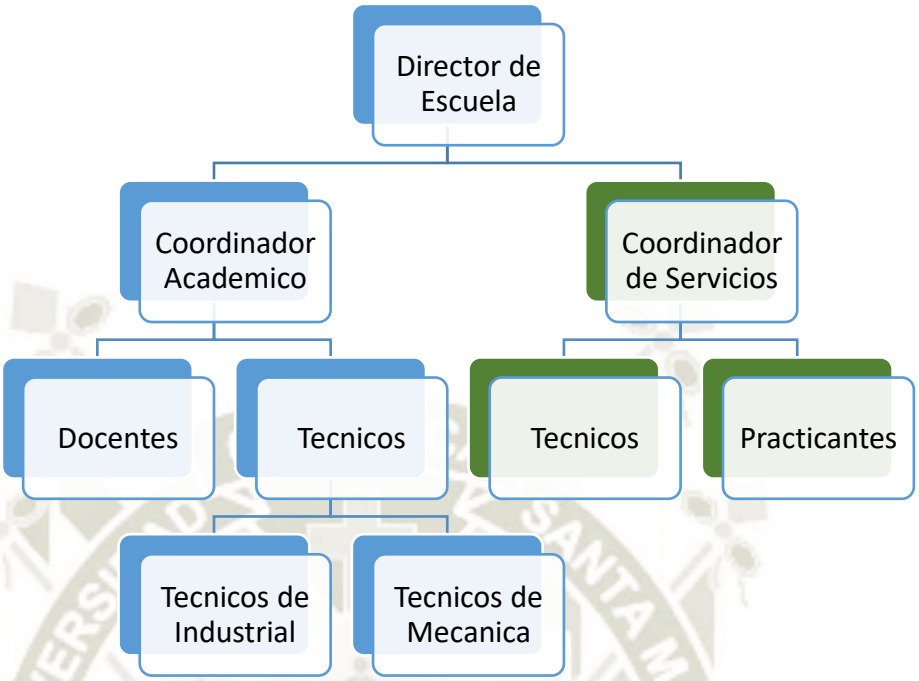
El laboratorio tiene una administración que depende de la dirección de la escuela, pero en funciones tiene dos administraciones, una para la parte académica y otra para servicios. El siguiente cuadro muestra el organigrama de trabajo actual.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 43 ORGANIGRAMA GENERAL DEL LEM



Fuente: *Universidad Católica de Santa María/ Dirección de EPIMMEM (2019)*

3.1.6. FUNCIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS DEL LEM

La Dirección, es responsable de todas las actividades y trabajos que se realizan en el laboratorio, el coordina los planes y proyectos de orden académico y de servicios en los periodos definidos por la escuela.

El Coordinador Académico, es responsable de planear, coordinar y realizar actividades académicas y de investigación relacionadas directamente con el laboratorio, la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica y la Escuela de Ingeniería Industrial. Coordina las actividades de los técnicos y practicantes de apoyo para las prácticas y ensayos académicos y también es responsable del estado, operatividad y eficiencia total de cada uno de los equipos del LEM.

Esta función está a cargo de un Ingeniero nombrado del área y calificado para el manejo de equipos y operaciones de ensayos de materiales.

El Coordinador de Servicios, es responsable de planear, coordinar, difundir y supervisar actividades de servicio a empresas, entidades, personas y grupos de interés relacionadas con las funciones y capacidades del laboratorio. Genera, homologa y califica procesos según normas requeridas para un servicio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Coordina las actividades requeridas con los técnicos y practicantes de apoyo para las actividades ofrecidas en el LEM, también es responsable del estado, operatividad y eficiencia total de cada uno de los equipos del LEM.

Esta función está a cargo de un Ingeniero nombrado del área y calificado para el manejo de equipos y operaciones de ensayos de materiales.

El técnico, debe realizar operaciones de ensayos según planificación hecha por las coordinaciones o demandas propias de las actividades del laboratorio. Ejecutan operaciones de mantenimiento según planes acordados por la coordinación del LEM.

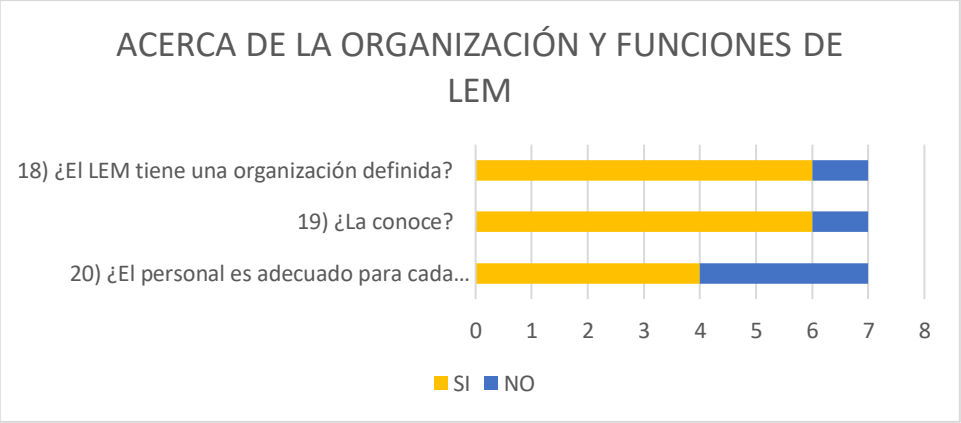
Esta función está a cargo de un Ingeniero o técnico del área en condición de nombrado o contrato, con adecuada calificación para el manejo de equipos y operaciones de ensayos de materiales.

Como se observa en la descripción de las actividades, la prevención, operatividad y mantenimiento tiene dos responsables, esto sucede debido a que los equipos tienen dos actividades totalmente distintas como es la académica y la de servicios externos. Este problema está superado por el momento al tener una sola persona a cargo de la coordinación general del laboratorio.

3.1.7. PERCEPCIÓN ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DEL LEM

La siguiente encuesta trata de percibir la conciencia de la estructura organizacional y la importancia de cada función, los resultados fueron:

Figura 44 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE ORGANIZACIÓN DEL LEM



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La siguiente pregunta busca definir la percepción de las funciones más importantes del laboratorio:

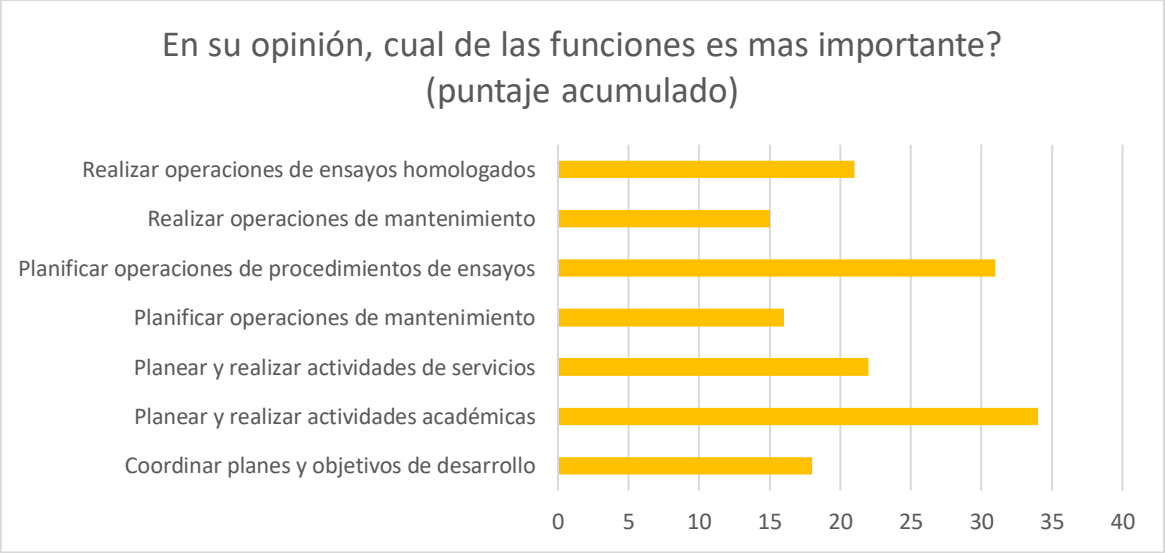
Tabla 22 CUESTIONARIO SOBRE LAS FUNCIONES DEL LEM

21	En su opinión, cual de las funciones es mas importante? Califique de 1 a 5 en orden de importancia donde 1 es menos importante y 5 es el mas importante:	PUNTAJE 1 -5
21.1	Coordinar planes y objetivos de desarrollo	
21.2	Planear y realizar actividades académicas	
21.3	Planear y realizar actividades de servicios	
21.4	Planificar operaciones de mantenimiento	
21.5	Planificar operaciones de procedimientos de ensayos	
21.6	Realizar operaciones de mantenimiento	
21.7	Realizar operaciones de ensayos homologados	

Fuente: *Elaboración Propia*

Los resultados de la encuesta son:

Figura 45 RESULTADO DE LA ENCUESTA SOBRE LAS FUNCIONES MAS IMPORTANTES DEL LEM



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Estos resultados confirman la estructura nominal del Laboratorio, pero evidencia cierto nivel de desconocimiento en relación a las funciones de los miembros en relación a su función principal.

3.1.8. PRINCIPALES EQUIPOS DEL LEM

La siguiente tabla detalla los principales equipos del LEM, el número de equipos y la codificación actual. Los detalles y características principales están en el Anexo 9.

Tabla 23 PRINCIPALES EQUIPOS DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

EQUIPO	UBICACIÓN	NUMERO DE EQUIPOS	CODIGO
Maquina Universal de Ensayo	LEM R - 102	1	LEM2-01-TC01
Equipo ensayo de tracción para plásticos	LEM R - 102	1	LEM1-01-TC02
Ensayo de Charpy	LEM R - 102	1	LEM1-03-TN01
Durómetro	LEM R - 102	2	LEM1-04-ED01
Durómetro	LEM R - 102	2	LEM1-04-ED03
Microscopio metalográfico	LEM R - 102	1	LEM1-05-MS01
Microscopio Metalográfico Invertido	LEM R - 102	4	LEM1-05-MS02
Microscopio Metalográfico Óptico	LEM R - 102	1	LEM1-05-MS06
Maquina cortadora de muestras metalográficas	LEM R - 102	1	LEM1-06-CC01
Ro-Tap	LEM R - 102	1	LEM1-06-CC02
Horno Nabertherm	LEM R - 102	1	LEM1-07-HH01
Horno THERMOLYNE	LEM R - 102	1	LEM1-07-HH02
Pulidora metalográfica de disco	LEM R - 102	1	LEM1-08-EP01
Máquina Electrolítica de pulido	LEM R - 102	1	LEM1-08-EP02
Máquina Abrasiva de banda de desgaste	LEM R - 102	1	LEM1-08-EP03
Máquina de desbaste y pulidora	LEM R - 102	1	LEM1-08-EP04
Equipo para ensayo no destructivo por Ultrasonido	LEM R - 102	1	LEM1-09-US01
Equipo para ensayo no destructivo por Ultrasonido	LEM R - 102	1	LEM1-09-US02
Balanza de precisión digital 0.01 g	LEM R - 102	1	sin codificar
Yugo Magnético	LEM R - 102	4	sin codificar
Durómetro Pedestal: LD-J/Reloj: LX-D	LEM R - 102	1	sin codificar
Durómetro Pedestal: LAC-J/Reloj: LX-A	LEM R - 102	1	sin codificar
Brabender	LEM R - 102	1	sin codificar
Prensa para fabricación de láminas de polímeros	LEM R - 102	1	sin codificar
Osciloscopio	LEM R - 102	1	LEM1-10-UC01
Balanza de precisión digital 0.01 g	LEM R - 102	8	sin codificar

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.1.9. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL ÁREA DE ENSAYOS

Con el objetivo de mejorar la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, es necesario establecer prioridades, que proceso, sistema o equipo es más crítico que otro y que criterio debemos utilizar para uniformizar decisiones.

El presente criterio y sus consecuencias están basados en las encuestas realizadas al personal activo y usuarios del LEM.

Los criterios aplicados se detallan en:

Tabla 24 CRITERIOS DE CRITICIDAD

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Frecuencia de fallas.	Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada o errores de ensayos.
Flexibilidad operacional.	Representa el nivel de alternativas ante la disponibilidad de repuestos y/o servicio del equipo.
Impacto operacional.	Es el nivel de efecto sobre los servicios y/o ensayos programados ocasionados por la falla.
Costo de no utilizacion del equipo	Representa el efecto ocasionado por la perdida del servicio escencialmente externo.
Costo de mantenimiento	Costos de materiales, repuestos, mano de obra. La información esta relacionada con el presupuesto de mantenimiento, calibracion y servicio especializado requerido.
Impacto en seguridad y/o ambiente.	Posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a las personas y/o al medio ambiente
Linea de Servicio	Este factor valora la condicion de importancia actual del equipo en relacion a las actividades programadas hasta momento del estudio

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 25 TABLA DE CRITICIDAD

Frecuencia					
5	MC	AC	AC	AC	AC
4	MC	MC	AC	AC	AC
3	NC	MC	MC	AC	AC
2	NC	NC	MC	MC	AC
1	NC	NC	NC	MC	MC
	37	69	101	133	165

Consecuencia

	NC = No críticos
	MC = Mediana criticidad
	AC = Alta criticidad

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 26 MATRIZ DE NIVELES

FRECUENCIA DE FALLAS	
Mas de una falla por día	5
Una falla máxima por día	4
Una falla máxima por semana	3
Una falla máxima por trimestre	2
Menos de una falla por año	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
No hay opción alternativa y no hay de repuesto inmediato	5
Existe opción de repuesto a corto plazo	3
Hay de repuesto disponible	1
IMPACTO OPERACIONAL	
Pérdida de todo el proceso	10
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros procesos	7
Impacto a nivel de inventario o calidad	3
No generar ningún efecto significativo sobre el servicio	1
COSTO DE NO USO DEL EQUIPO	
Igual o mayor a US$ 500 por fase	3
Inferior a US$ 500 por fase	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
Igual o mayor a US$ 1,000	5
Entre US$ 500 y US$ 1,000	3
Inferior a US 500	1
IMPACTO EN SEGURIDAD Y/O AMBIENTE	
Afecta la seguridad humana, requiere acción externa a la organización, es irreversible	10
Afecta la seguridad humana, el ambiente y/o instalaciones, es reversible	8
Afecta las instalaciones causando daños considerables	5
Provoca daños menores en seguridad y ambiente	3
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones y ambiente	1
LINEA DE SERVICIO	
Equipos directos en línea de servicio	5
Equipos Auxiliares a la línea de servicio	3
Equipos Auxiliares no directos a la línea de servicio	1

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 25 VALORES DE CRITICIDAD

5	185	345	505	665	825
4	148	276	404	532	660
3	111	207	303	399	495
2	74	138	202	266	330
1	37	69	101	133	165
	37	69	101	133	165
CRITICIDAD = FRECUENCIA X CONSECUENCIA					

Fuente: *Elaboración Propia*

Los resultados son como se muestran en el Anexo 2, donde podemos apreciar que la máxima condición de criticidad está en la máquina de tracción – compresión.

La Figura 46 muestra el resultado relacionado a este análisis.

Figura 46 MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS DEL LEM

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRIA EN INGENIERÍA DE MANTENINMIENTO

TESIS: APLICACION DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM — PAG.1

ELABORADO P ING. JORGE CASTRO VALDIVIA — AÑO: 2017

MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

ITEM	AREA	CODIGO	EQUIPO	SECCION	MARCA	MODELO / SERIE	AÑOS DE SERVICIO	HORAS DE SERVICIO ANUALES (HORAS/AÑO)	FACTORES: FRECUENCIA DE FALLAS	LINEA DE SERVICIO	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	IMPACTO OPERACIONAL	COSTO DE NO USO DEL EQUIPO	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD Y/O AMBIENTE	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	MATRIZ
1	LEM	LEM2-01-TC01	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO	MAQUINAS T/C	Time Group INC.	WDW300E	7 años	1600	3	5	5	10	3	4	5	3	135	405	AC
2		LEM1-01-TC02	MAQUINA DE ENSAYO TRACCION / COMPRESION		Liyi-Tech	131202	4 años	400	3	3	5	10	1	4	3	3	69	207	MC

Fuente: *Elaboración Propia*

3.2. ANÁLISIS DE PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL EQUIPO DE TRACCIÓN – COMPRESIÓN (EUT/C)

3.2.1. PERCEPCIÓN DE FUNCIONES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DEL EUT/C

Las funciones primarias son la razón principal de un activo, por eso se debe tener cuidado de definirlas tan precisamente como sea posible. Usualmente son fáciles de reconocer y de hecho el nombre de la mayoría de los activos se basa en su función.

Las funciones secundarias, son funciones adicionales que el activo puede realizar tales como: seguridad, control, contención, apariencia, protección, economía, eficiencia, integridad estructural e integridad ambiental.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.2.1.1. FUNCIÓN PRIMARIA

La siguiente pregunta abierta está orientada a percibir el conocimiento de esta función:

Para esta pregunta se les alcanzo una hoja en las que se detallan las funciones más relevantes de una máquina de T/C para que los encuestados definan la prioridad.

Tabla 26 ENCUESTA SOBRE LA FUNCIÓN PRIMARIA DEL EQUIPO EUT/C

EN RELACION A LA FUNCION PRINCIPAL	
22	¿Cual es la funcion basica de un equipo de ensayo traccion compresion anote la relacion de prioridad?
	A
	B
	C

Fuente: *Elaboración Propia*

Los resultados fueron en este orden:

- A: Ensayar una probeta por tracción o compresión para determinar su curva de resistencia vs elongación
- B: Ser precisa
- C: Informar adecuadamente los resultados

Luego de poner en pleno los resultados y los elementos conceptuales se determinó que la función principal es: Ensayar una probeta por tracción o compresión hasta una máxima fuerza de 300 KN y una elongación de 600 mm para determinar su curva de resistencia vs elongación con fines educativos, investigación y de servicio con una precisión no mayor a +/- 0.5%

3.2.1.2. FUNCIONES SECUNDARIAS

Para este campo se preparó la siguiente serie de preguntas:

<u>Función de Integridad Ambiental</u>

En la Tabla 29, la pregunta 23 relaciona los resultados de la pregunta 22 en relación al efecto del medio con las funciones principales; mayoritariamente concuerdan que el medio permite una información de resultados adecuados, pero en relación a la función principal de la máquina y su precisión, no consideran que el ambiente sea muy favorable.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 27 ENCUESTA SOBRE LA FUNCIÓN DE INTEGRIDAD AMBIENTAL DEL EUT/C

EN RELACION DEL AMBIENTE		SI	NO
23	¿El ambiente en el que se encuentra le permite realizar estas funciones descritas en A, B y C?		
	A	5	2
	B	4	3
	C	6	1
24	¿Que otras condiciones considera que influye en el correcto desempeño de la maquina de Traccion/Compresion?		
	Si, hay otros: (detallar) / Ninguno		

Fuente: *Elaboración Propia*

En relación a la pregunta abierta 24, solo uno del encuestado marco 'ninguno" pero los demás observaron las siguientes condiciones en orden de mayoría:

a) El polvo

b) El uso de personal no calificado para algunos ensayos

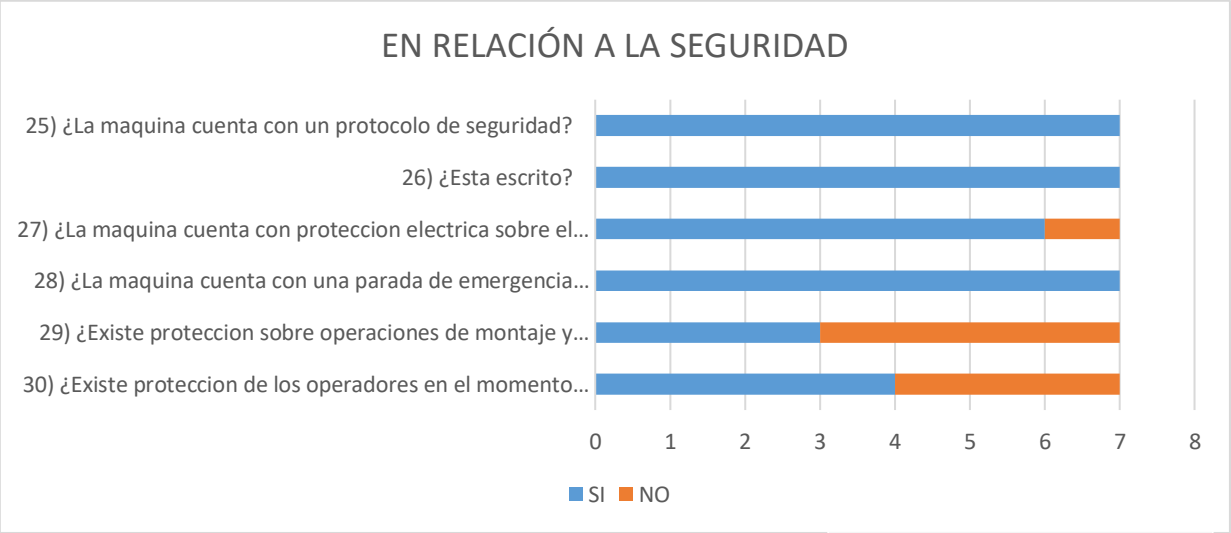
c) Maquinas muy tugurizadas en el laboratorio

d) Defectos en el mantenimiento

<u>Funciones de Seguridad</u>

Se plantearon las siguientes seis preguntas con sus respuestas a los 7 encuestados:

Figura 47 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

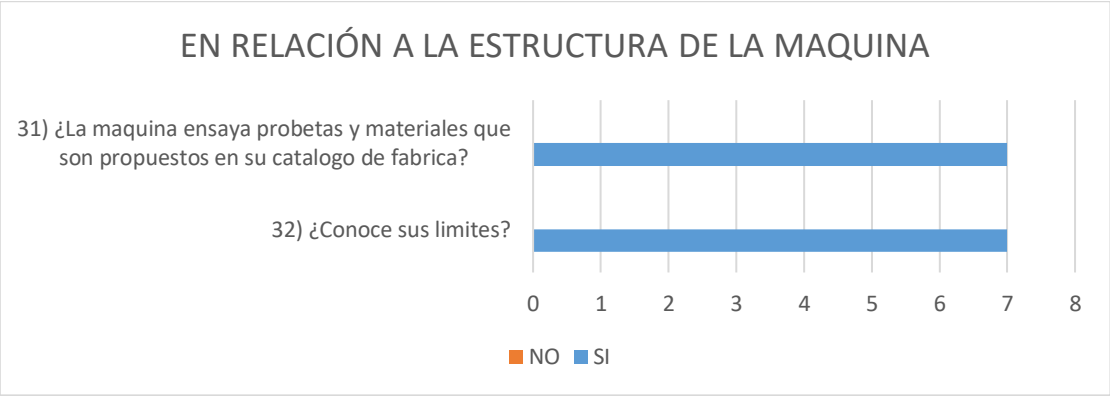
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los resultados evidencian la aplicación de un protocolo para la operación, pero un descuido en el uso de EPP's.

Función de Integridad Estructural

Figura 48 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA

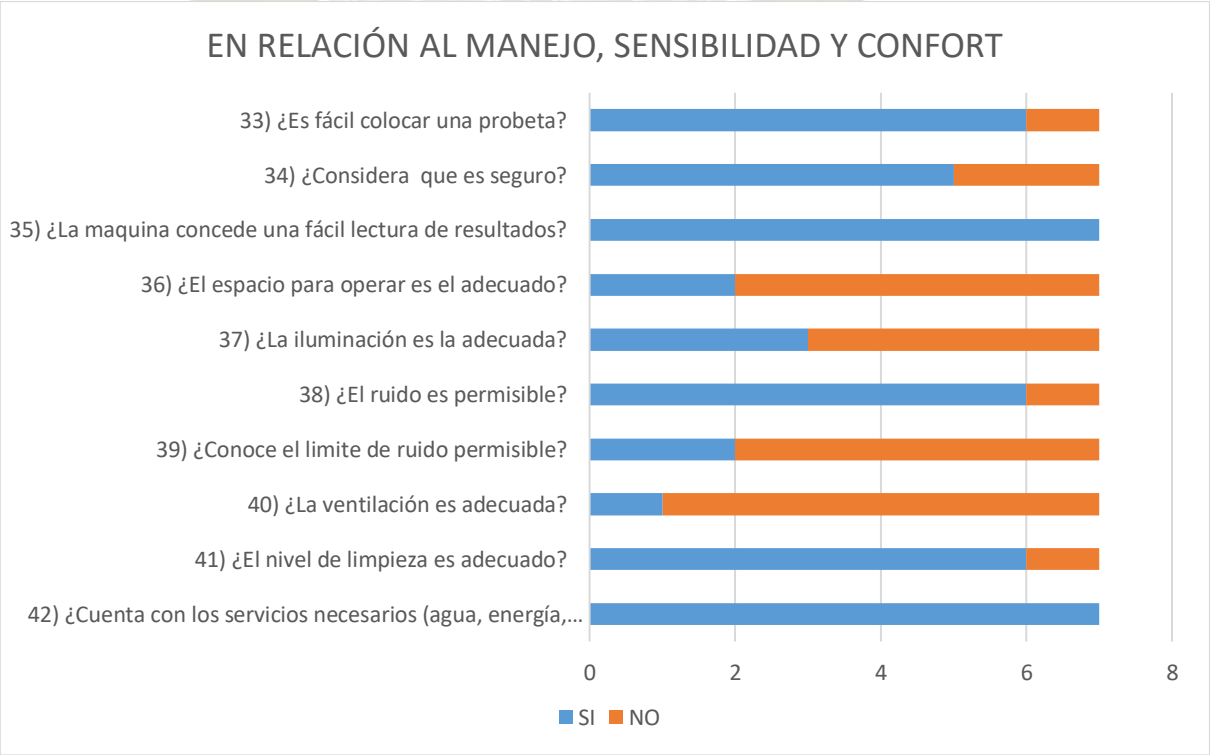


Fuente: *Elaboración Propia*

La encuesta orienta hacia el conocimiento superficial pero no ahonda en los detalles.

Función de Confort

Figura 49 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA SENSIBILIDAD Y EL CONFORT



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

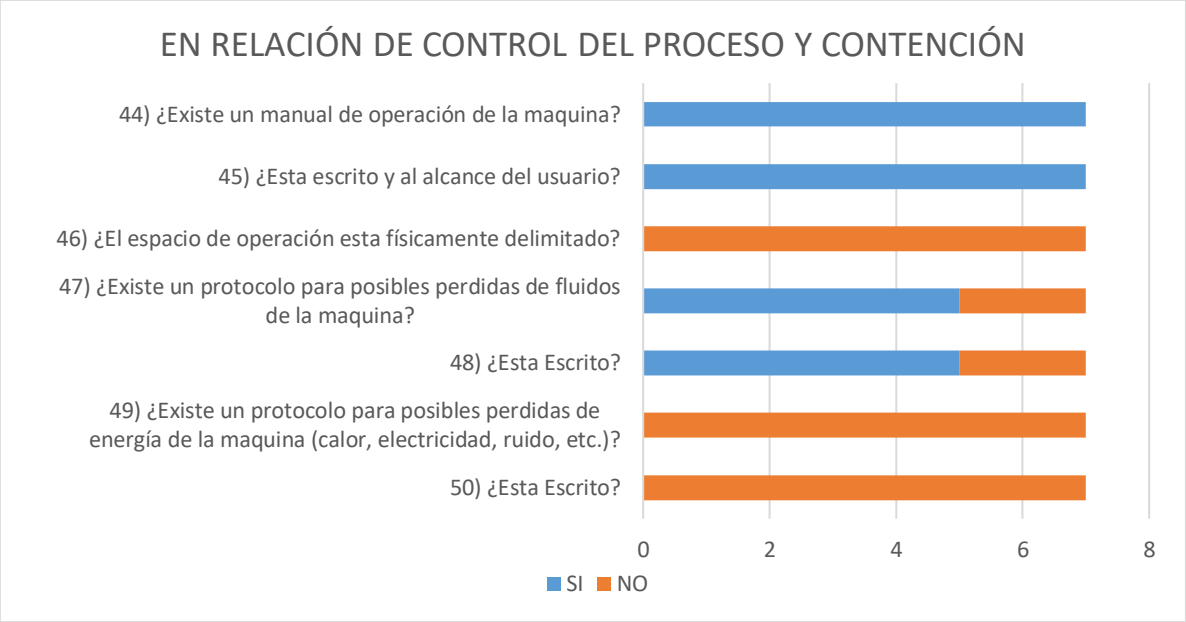
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los resultados evidencian problemas con la ventilación, la iluminación y el espacio. El ruido puede ser un problema, pero desconocen los límites.

En la pregunta abierta 43), cuatro de los encuestados contestaron que no encontraban ningún efecto adicional y tres indicaron que la distribución del laboratorio y su espacio son inadecuados.

Función de control y contención

Figura 50 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL PROCESO Y CONTENCIÓN

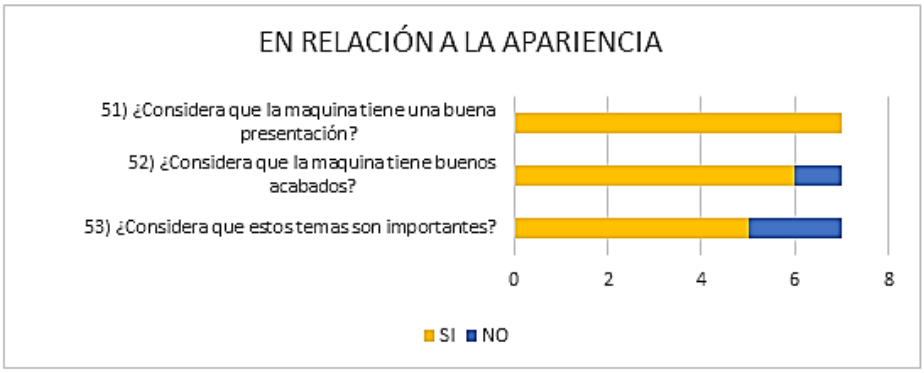


Fuente: *Elaboración Propia*

Aquí podemos considerar una confusión entre el manual de la máquina y el protocolo de seguridad del LEM, por otro lado, el espacio de trabajo no está adecuadamente delimitado.

Función de Apariencia

Figura 51 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA APARIENCIA



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

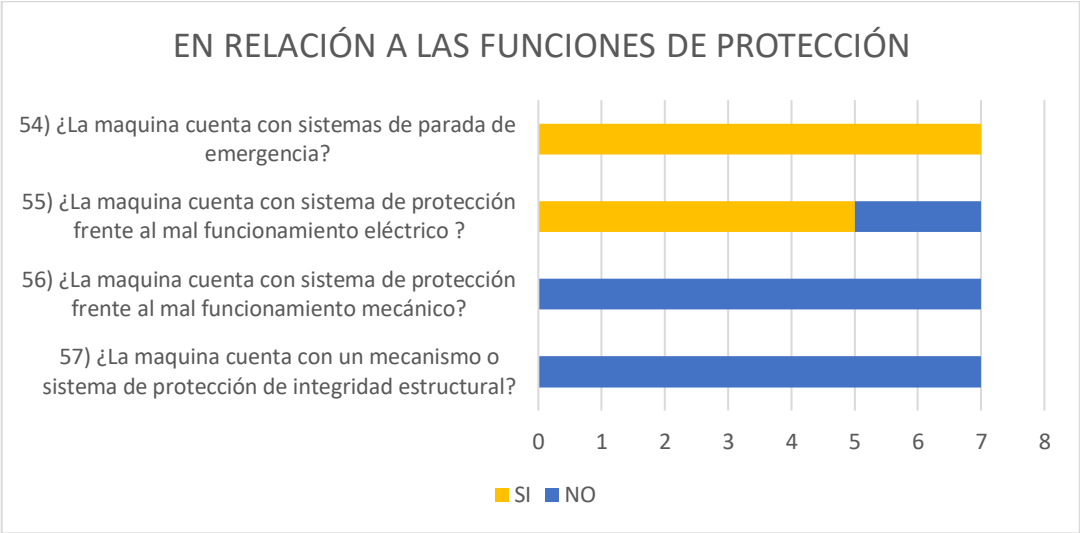
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

No existe mayor problema en relación a la apariencia

. Funciones de Protección

Figura 52 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LAS FUNCIONES DE PROTECCIÓN

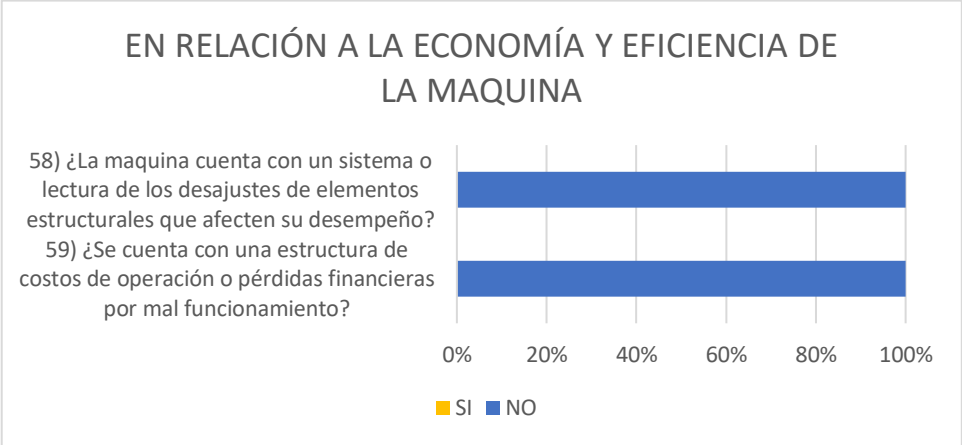


Fuente: *Elaboración Propia*

Existen dos condiciones relacionadas a la seguridad mecánica y la integridad estructural. Estas condiciones son consideradas intrínsecamente por el protocolo de operaciones o manual del operador.

Función de Eficiencia / Economía

Figura 53 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA ECONOMÍA Y EFICIENCIA DE LA MAQUINA



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

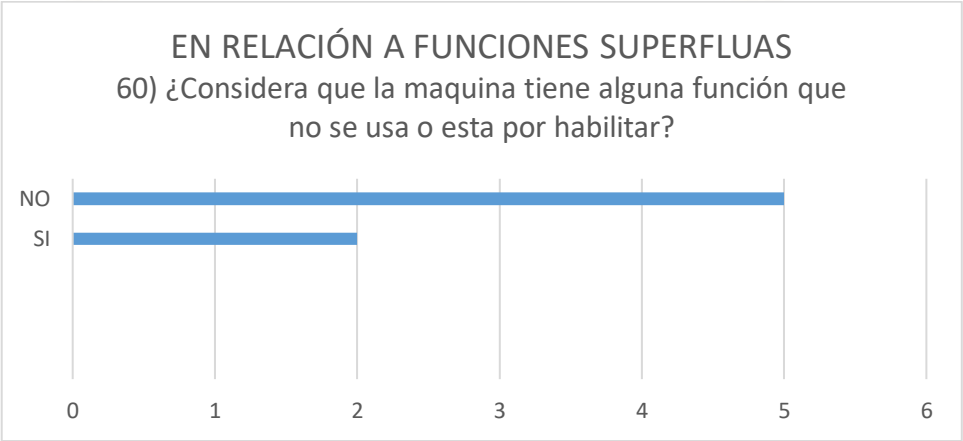
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Estos resultados evidencian que no cuentan con un método o sistema que pueda medir el desempeño de la máquina, ni la manera de medir las pérdidas por mal funcionamiento.

Funciones de Superfluas

Figura 54 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LAS FUNCIONES SUPERFLUAS



Fuente: *Propia*
Autor*: CASTRO VALDIVIA, Jorge*

En la pregunta 61) se solicita indicar de la(s) función(es) que no se usan o están por habilitar; describieron la posibilidad de indicaciones por software para control de mal funcionamiento. En la actualidad no se sabe si algún programa del fabricante, ligado a la maquina directamente, puede ofrecer esta información.

Función de Confiabilidad

No aplicaremos este concepto debido a que es la primera vez que se aplica el modelo.

3.2.2. PERCEPCIÓN SOBRE EL ESTADO DE FALLA ASOCIADOS A CADA FUNCIÓN

Se plantearon trece preguntas en relación a las fallas de las funciones primarias y secundarias consideradas en las preguntas anteriores. Los siguientes resultados muestran la percepción del estado de falla por cada función.

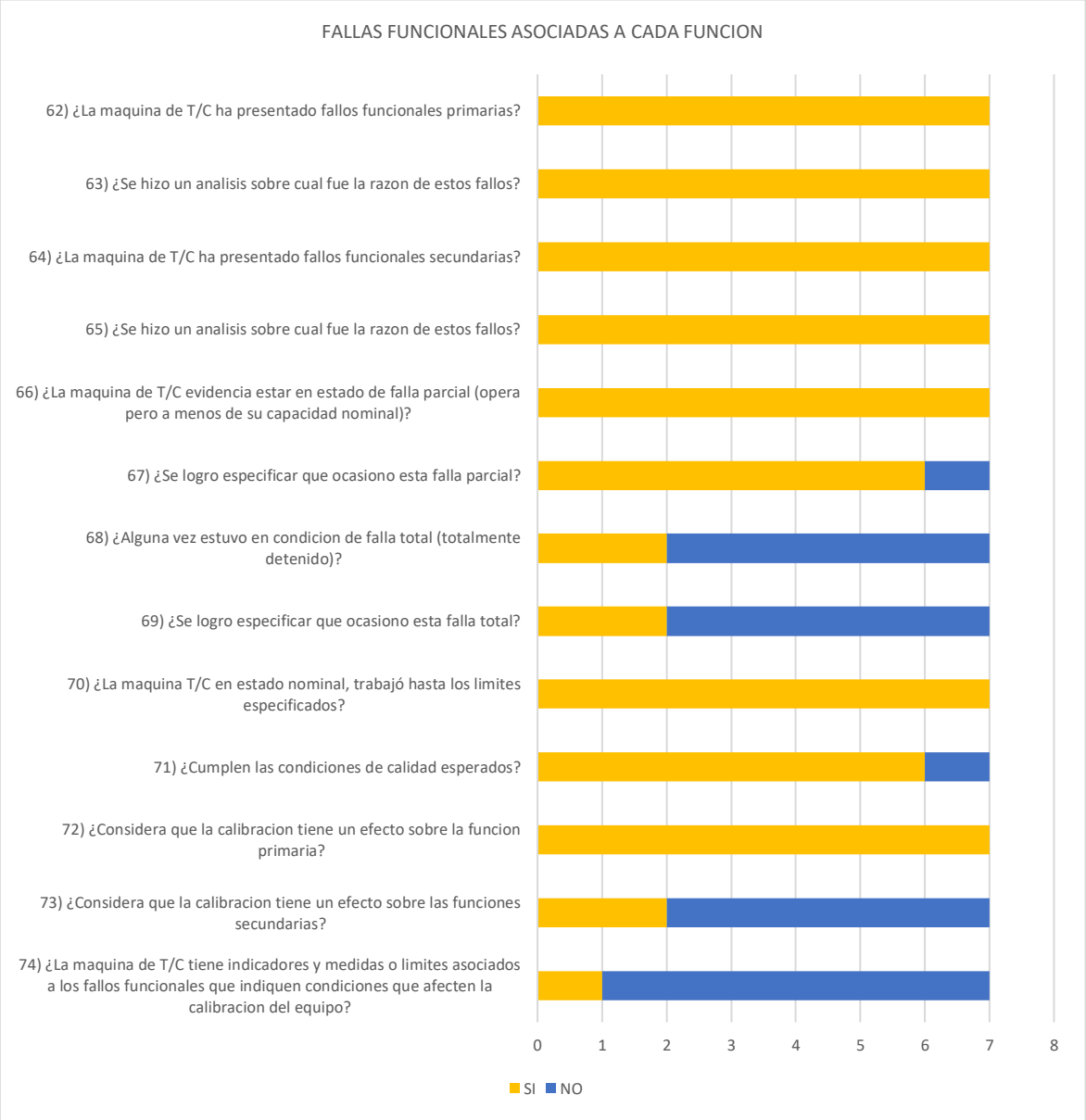
La Figura 55 muestra los resultados asociados a esta encuesta.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 55 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LAS FALLAS FUNCIONALES ASOCIADAS A CADA FUNCIÓN



Fuente: *Elaboración Propia*

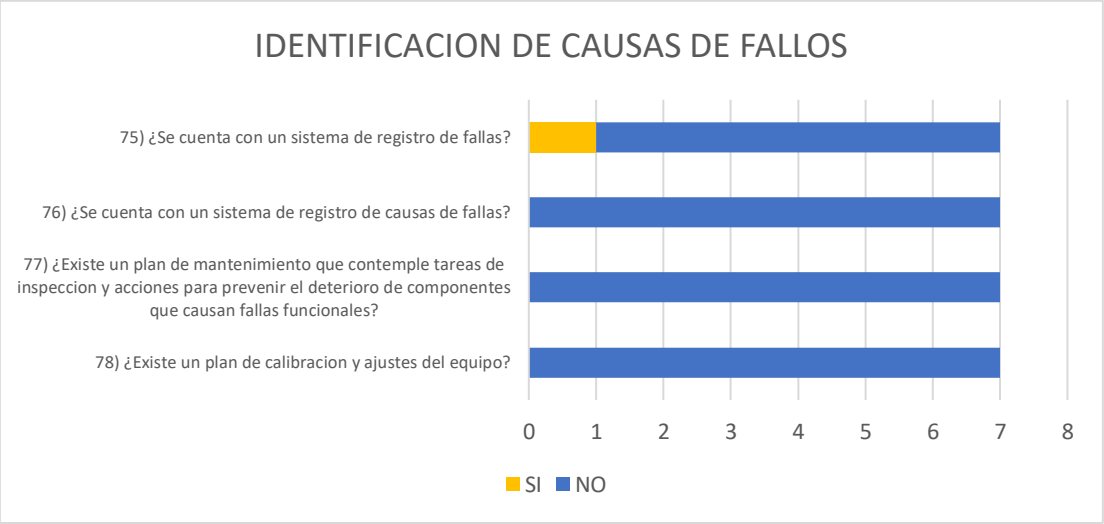
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.2.3. IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE FALLAS

Figura 56 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE FALLOS



Fuente: *Elaboración Propia*

Se evidencia la ausencia de un registro adecuado de fallas, así como de un plan de mantenimiento y en particular de un plan de calibración.

Tabla 28 ENCUESTA SOBRE LOS MODOS DE FALLAS Y SU EFECTO EN LA FUNCIÓN PRIMARIA

79	Pregunta Abierta: Ordene en orden de importancia (1 al 5) cuál de los siguientes modos de fallas tiende a afectar la función primaria de la maquina T/C.	
e)	Falla por procedimientos en la operación	
d)	Falla por procedimientos de montaje y desmontaje	
c)	Falla por efecto del suministro defectuoso de energía, electricidad y otros	
b)	Falla por efecto del polvo y la suciedad	
a)	Falla en la lubricación	

Fuente: *Elaboración Propia*

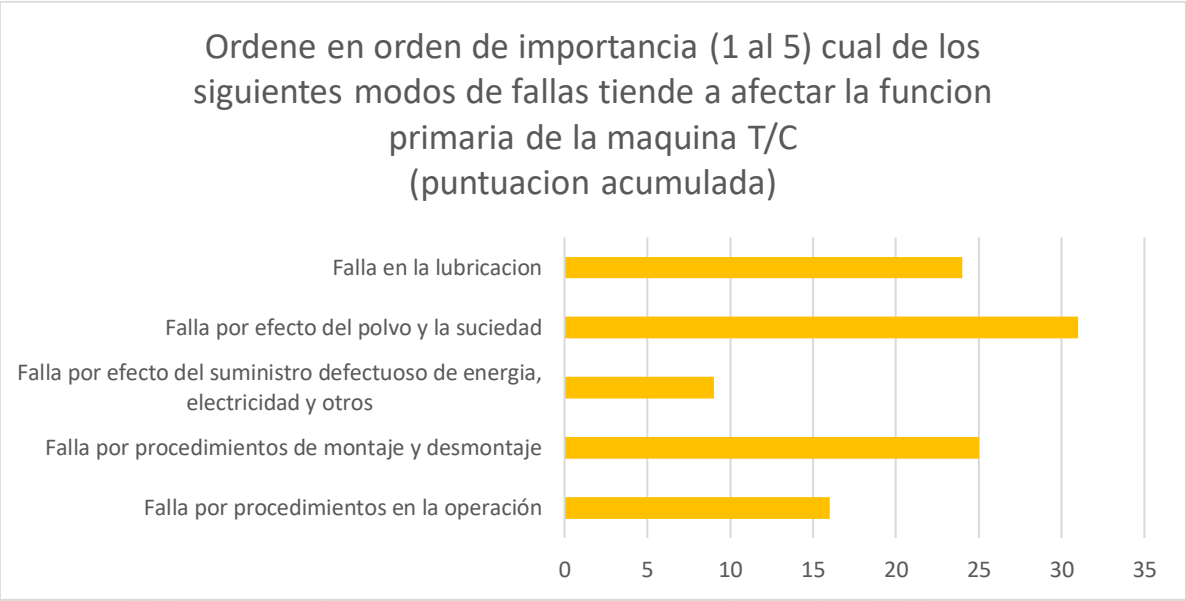
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La pregunta abierta 79) está basada en las indicaciones más importantes consideradas en el manual del operador de la máquina EUT/C. Los resultados en orden por valor acumulado son los siguientes:

Figura 57 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LOS MODOS DE FALLA Y SU EFECTO SOBRE LA FUNCIÓN PRIMARIA



Fuente: *Elaboración Propia*

Los resultados evidencian que la percepción del origen de las fallas está relacionada principalmente por la suciedad y el polvo seguidos por la lubricación y los procedimientos de montaje u operación.

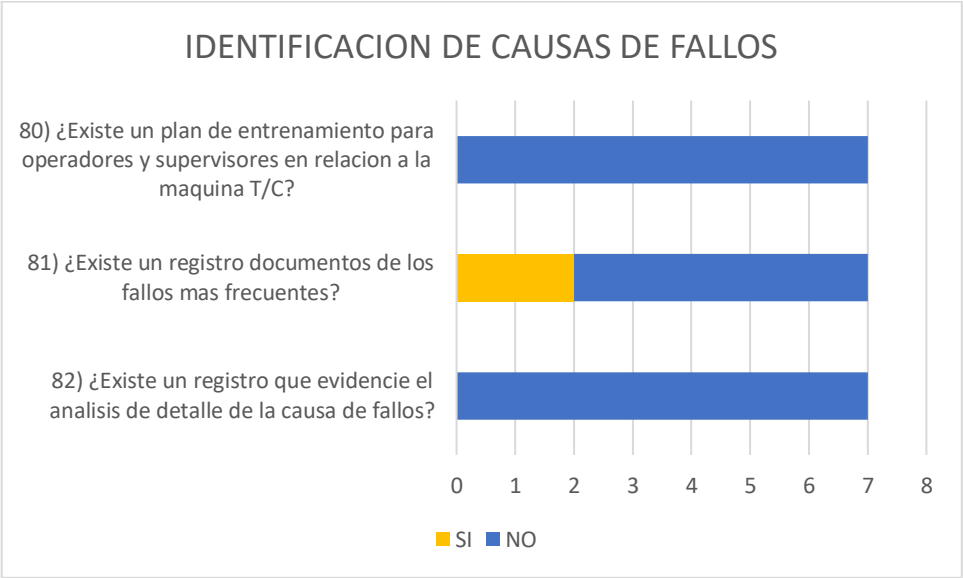
Las preguntas 80) al 82) de la Figura 58 se relacionan con el seguimiento y documentación de las fallas. Esta parte de la encuesta evidencia la ausencia de registros y preparación para lograr trazabilidad en las operaciones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 58 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL SEGUIMIENTO Y DOCUMENTACIÓN DE LAS FALLAS



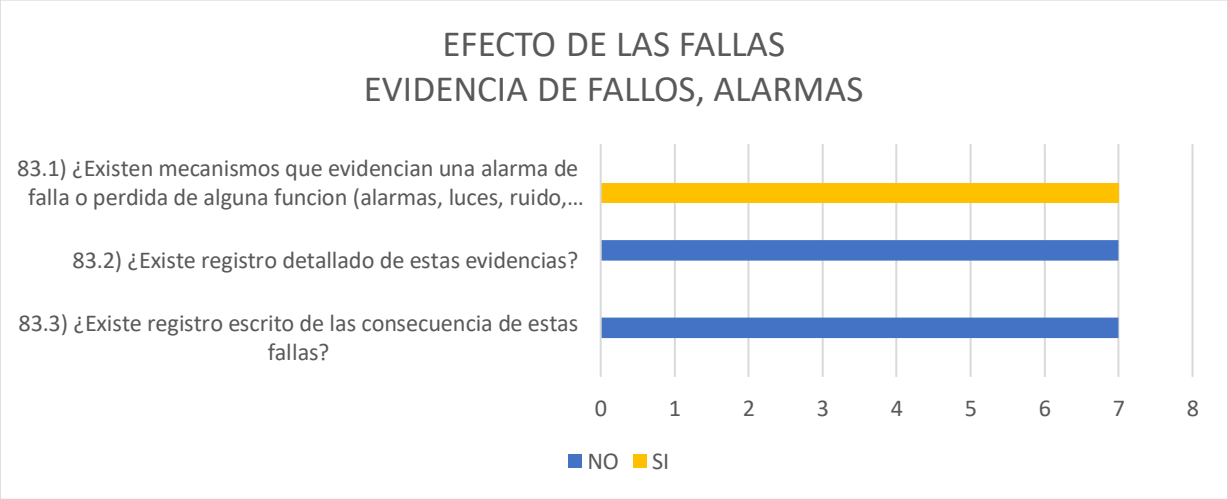
Fuente: *Elaboración Propia*

3.2.4. PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE FALLAS

En esta parte la percepción está dividida en temas con preguntas relacionadas: Evidencia de los fallos y alarmas, Amenazas sobre la seguridad y el ambiente, efecto en la producción o servicio por la parada. La pregunta 86) es abierta y está relacionada con indicar los sucesos o incidentes más importantes con sus consecuencias en el último año (2016 – 2018).

<u>Evidencias de Fallos y Alarmas</u>

Figura 59 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL REGISTRO DE FALLOS



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

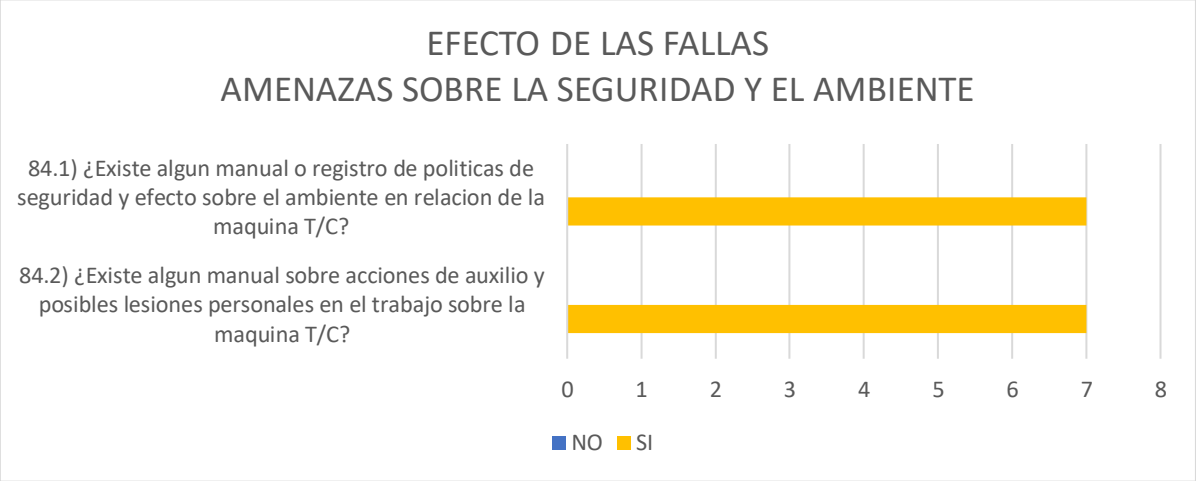
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los resultados evidencian la ausencia de registros estructurados, se tienen evidencias como documentos de actividad, solicitudes de servicio, cotizaciones y constancias de operaciones, pero no registros adecuados.

Amenazas sobre la seguridad y el ambiente

Figura 60 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL REGISTRO DEL EFECTO DE LAS FALLAS SOBRE LA SEGURIDAD Y EL AMBIENTE

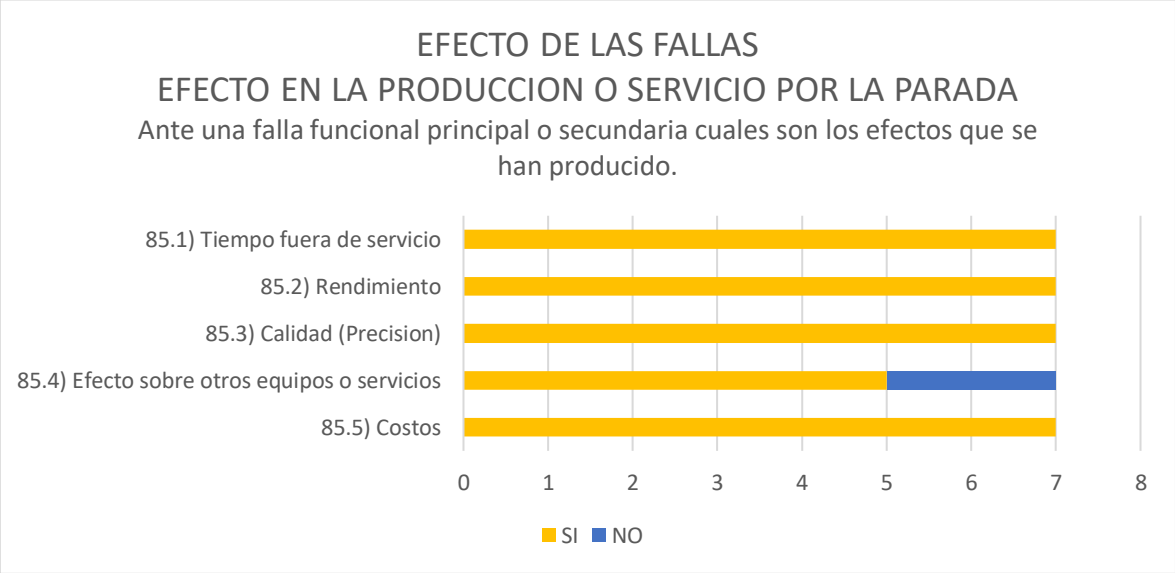


Fuente: *Elaboración Propia*

Se tienen documentos y protocolo de seguridad detallados en relación a la seguridad personal impuesto por la Universidad.

Efecto en la producción o servicio por la parada

Figura 61 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL EFECTO EN LA PRODUCCIÓN POR UNA FALLA O PARADA DE SERVICIO



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Las respuestas afirman que el efecto de una falla es a todo nivel, aunque la pregunta no considera la magnitud del efecto de cada uno.

La respuesta a la pregunta 86) fue esencialmente sobre dos sucesos importantes:

- La falla de la mordaza superior y su problema de montaje y error en sujeción cuyo costo de reparación no ha sido muy claro por los varios gastos relacionados.
- Las calibraciones sin orden ni programación. (coinciden que casi siempre lo hacen a comienzo de año, pero no constituye una norma). Los costos varían de 500 a 1200 dólares americanos.

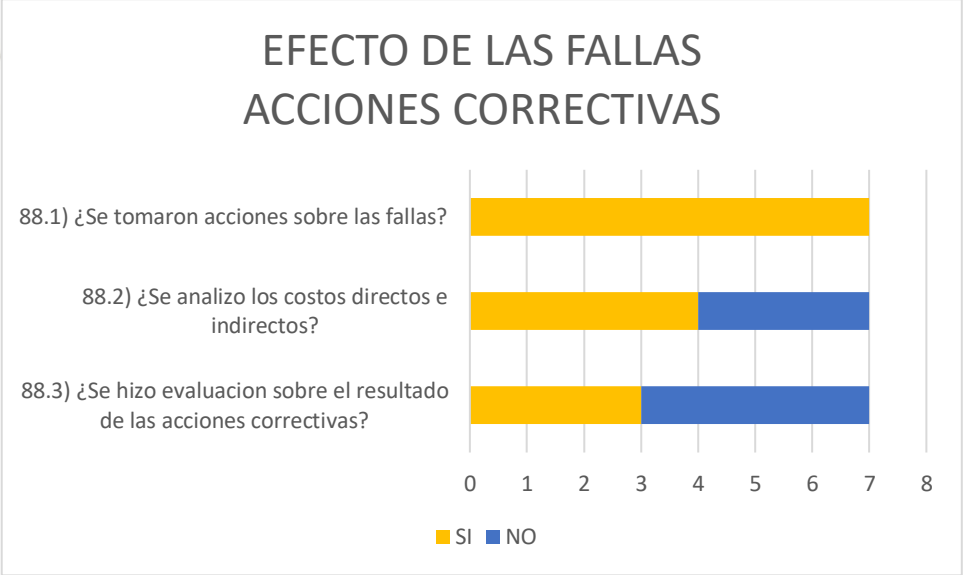
La pregunta 87) está relacionada con los efectos secundarios:

¿Considera que una falla funcional de la maquina T/C genera un posible fallo o daño en otros componentes?

El 85% está de acuerdo en que una falla funcional genera fallos o daños en otros componentes.

La pregunta 88) está relacionada con el análisis de las acciones correctivas:

Figura 62 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL EFECTO DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS APLICADAS ANTE LA FALLA



Fuente: *Elaboración Propia*

Los resultados evidencian la ausencia de análisis en los costos incurridos y los resultados de una acción correctiva.

3.2.5. PERCEPCIÓN SOBRE LAS CONSECUENCIAS DE FALLAS

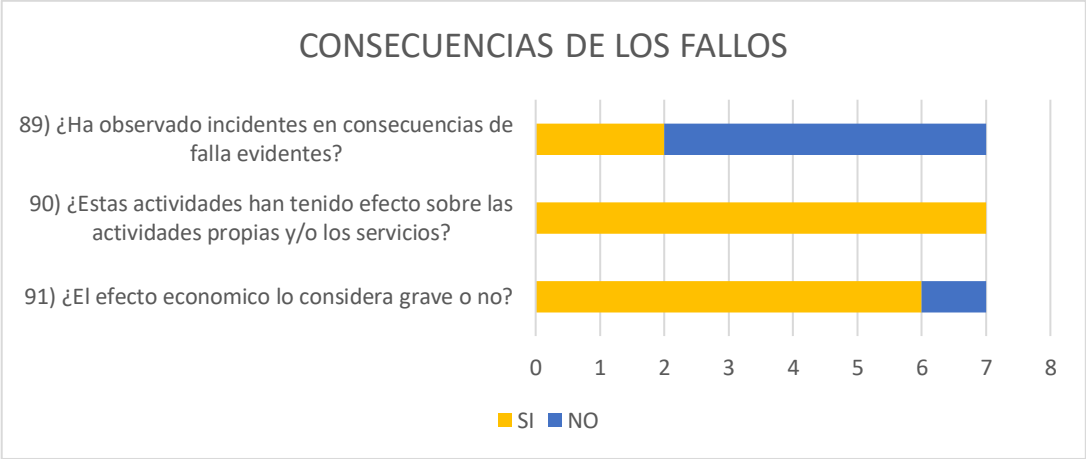
Estas tres preguntas pretenden indagar sobre la conciencia sobre las consecuencias de un efecto de falla. Los resultados fueron:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 63 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN AL LAS CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS



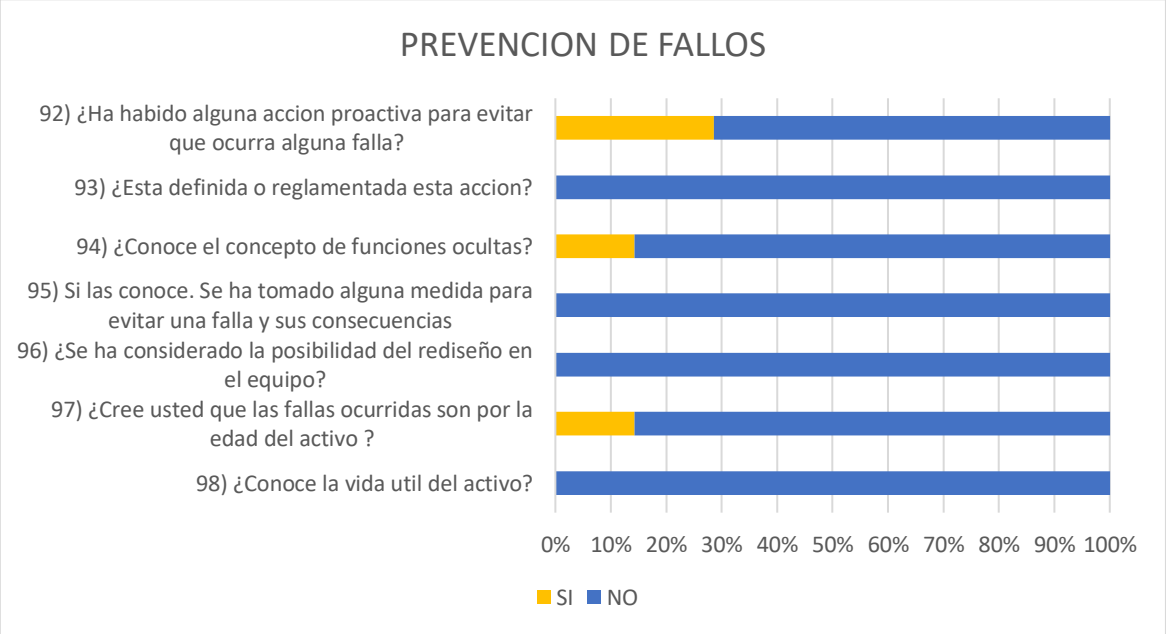
Fuente: *Elaboración Propia*

Los resultados muestran que los encuestados consideran efectos graves, pero no cuantifican los resultados.

3.2.6. PREDICCIÓN / PREVENCIÓN DE FALLAS

Las siguientes siete preguntas pretenden indagar sobre si se han tomado acciones que eviten las fallas que sucedieron o las que pudieran darse en base a su experiencia.

Figura 64 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LAS ACCIONES DE PREVENCIÓN ANTE LA FALLA



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los resultados muestran no tener ningún programa o medida de prevención.

Se consideraron dos preguntas abiertas adicionales:

La 99) ¿Qué acciones se han propuesto para la prevención y predicción de fallas? En la que la respuesta de la mayoría afirma que con un adecuado mantenimiento preventivo es suficiente.

La 100) Es posible un rediseño y en qué contexto es aplicable. Ninguno considero la posibilidad de un rediseño.

3.2.7. ACCIONES PREDETERMINADAS

Este tema inicia con una pregunta abierta 101) ¿Qué acciones se han planificado en la búsqueda de posibles fallos y su prevención?

Las respuestas fueron: No se ha tomado ninguna acción. Solo se ha respetado la secuencia propuesta por el fabricante. Se han analizado las fallas o demandas más recurrentes.

Las siguientes preguntas sobre conceptos de mantenimiento.

Figura 65 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LAS ACCIONES PREDETERMINADAS

Fuente: *Elaboración Propia*

Se observa que una parte conoce los temas y otros no están vinculados.

3.2.8. SENSIBILIDAD A LA IMPLEMENTACIÓN DE RCM

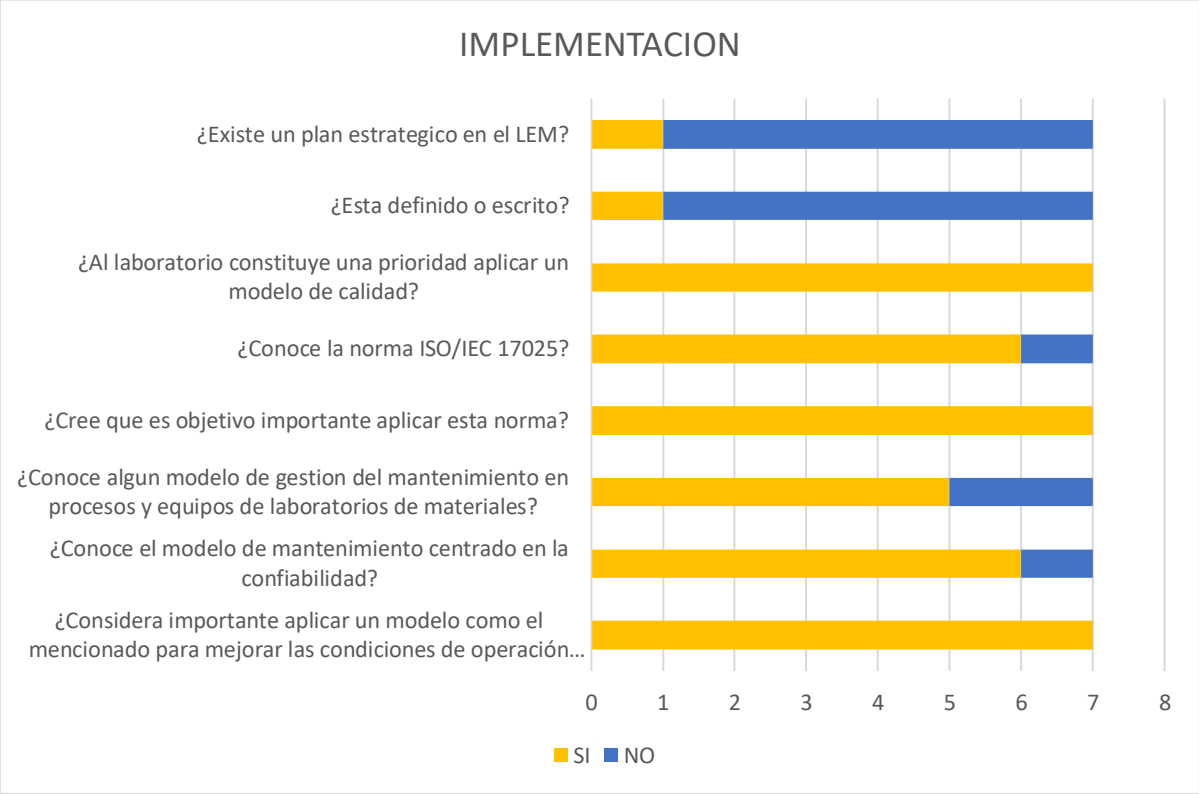
Las siguientes ocho preguntas están relacionadas con saber si consideran la importancia de aplicar un modelo de mantenimiento que pueda mejorar las condiciones operativas de los equipos, el trabajo de todo el personal involucrado y la aplicación de normas de calidad en laboratorios.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 66 RESULTADOS DE ENCUESTA EN RELACIÓN A LA PERCEPCIÓN SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO RCM



Fuente: *Elaboración Propia*

Los resultados evidencian esta necesidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO IV

APLICACIÓN DEL MÉTODO RCM EN LA MAQUINA DE ENSAYO UNIVERSAL

4. ACTIVIDADES VINCULADAS A LA NORMA ISO/IEC 17025

Recordemos que la norma es para acreditación, no de un laboratorio en general sino de un alcance o procedimiento, no es una garantía o aval de todos los resultados emitidos por un laboratorio o de las certificaciones emitidas por un organismo de certificación, por lo que es importante respaldar técnicamente los equipos y su estado para avalar los resultados de un procedimiento.

4.1. ACTIVIDADES TÉCNICAS

La aplicación del método RCM y la documentación generada tendrá sobre norma ISO/IEC 17025 la siguiente información y resultados necesarios:

- Mejora en la competencia técnica del personal. El modelo RCM sistematiza las acciones técnicas y analiza sus resultados desde el punto de vista técnico y operativo desde el punto de vista de un sistema de mantenimiento autónomo e integral.
- Mejora en la trazabilidad de las calibraciones al considerar la calibración como parte del mantenimiento de los equipos de ensayo
- El análisis periódico de las condiciones ambientales y el efecto sobre los equipos de ensayos y las calibraciones serán parte de la documentación de los procesos de mantenimiento.
- La aplicación de RCM mejora el aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración. Las mejoras en el mantenimiento y sus resultados inciden directamente en

4.2. ACTIVIDADES DE GESTIÓN

El siguiente cuadro detalla la identificación del lugar y los responsables del laboratorio en el cual se hace la propuesta de trabajo y los usuarios principales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 29 CUADRO DE LA IDENTIFICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO A INVESTIGAR

IDENTIFICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO A INVESTIGAR						
UNIVERSIDAD	Universidad Católica de Santa María		**Laboratorio:**		LEM	
FACULTAD	Ciencias Ingenierías Físicas y formales		**Área:**		Materiales	
ESCUELA	Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		**Función:**		Ensayos de materiales	
PERSONAL	Responsable LEM		Ing. Emilio Chire Ramírez		Especialidad Metalurgista	
	Co responsable 1 LEM		Ing. Jonathan J. Almirón Baca		Especialidad Metalurgista	
	Co responsable 2 LEM		Ing. Jean Carlo Díaz Saravia		Especialidad Industrial	
	Técnico responsable		Ing. Zulema Hachire Patiño		Especialidad Metalurgista	
	Técnico responsable		Bach.		Especialidad Metalurgista	
	Practicantes contratados		Bach. Bach.		Especialidad Mecánico Especialidad Mecánico	
ACTIVIDAD	Nº de turnos de práctica				Equipo utilizado:	
USUARIOS ALUMNOS /EXTERIOR	Ing. Mecánicos	150	Ing. Mecánico - Eléctrico	100	Ing. Mecatrónica	150
	Ing. Industriales	400	Ing. Minas	50	Otros……	50

Fuente: *Propia*
Autor*: CASTRO VALDIVIA, Jorge*

4.3. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA RCM

Para este proceso se requiere de información sobre los equipos, sus manuales de operación y mantenimiento, sus hojas de vida o historiales de operación y mantenimiento.

Por otro lado, es importante definir los actores del proceso y su influencia en el mismo.

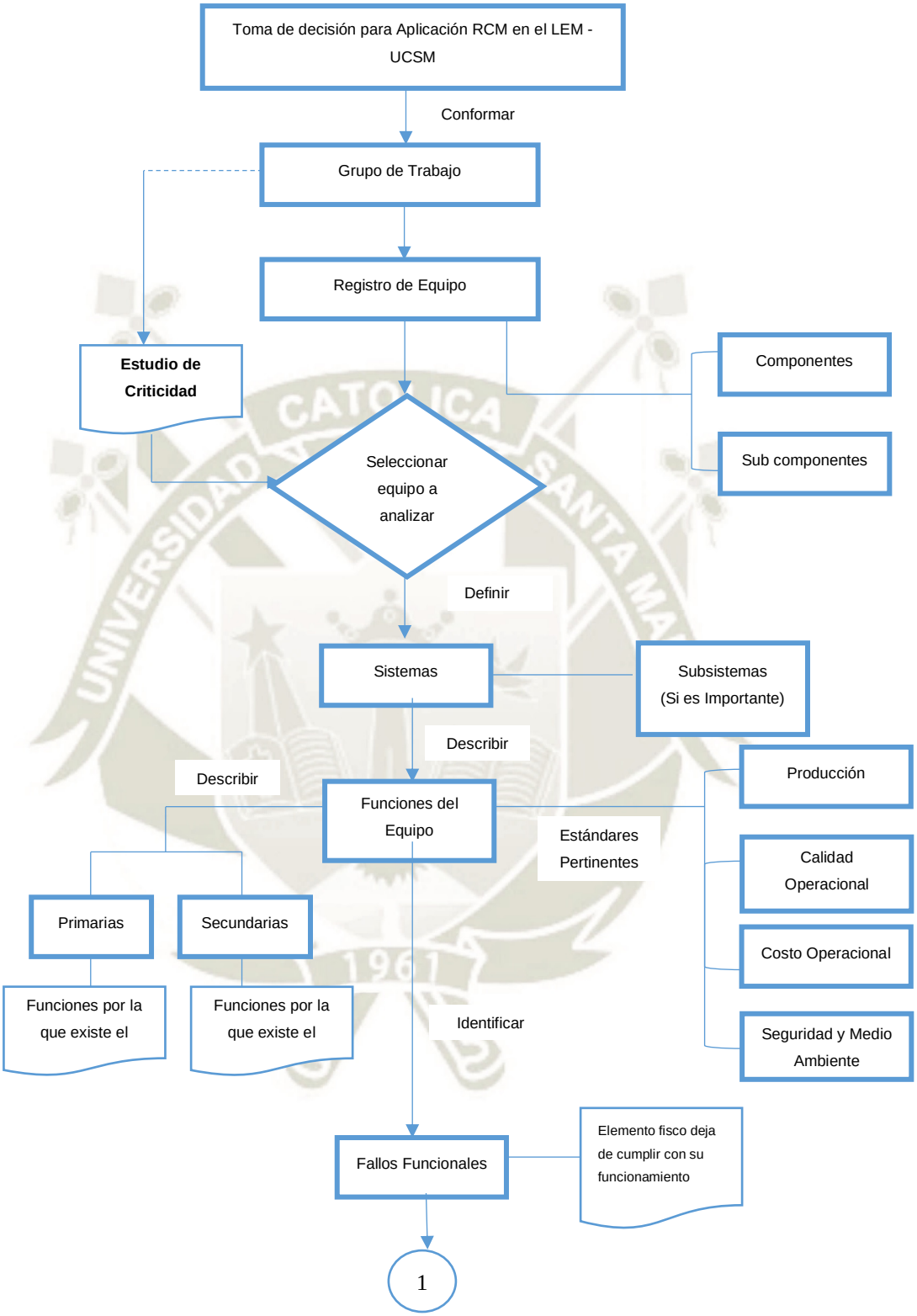
El siguiente cuadro está basado en una propuesta hecha por Albert Ariza para un trabajo piloto en equipos en minería.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

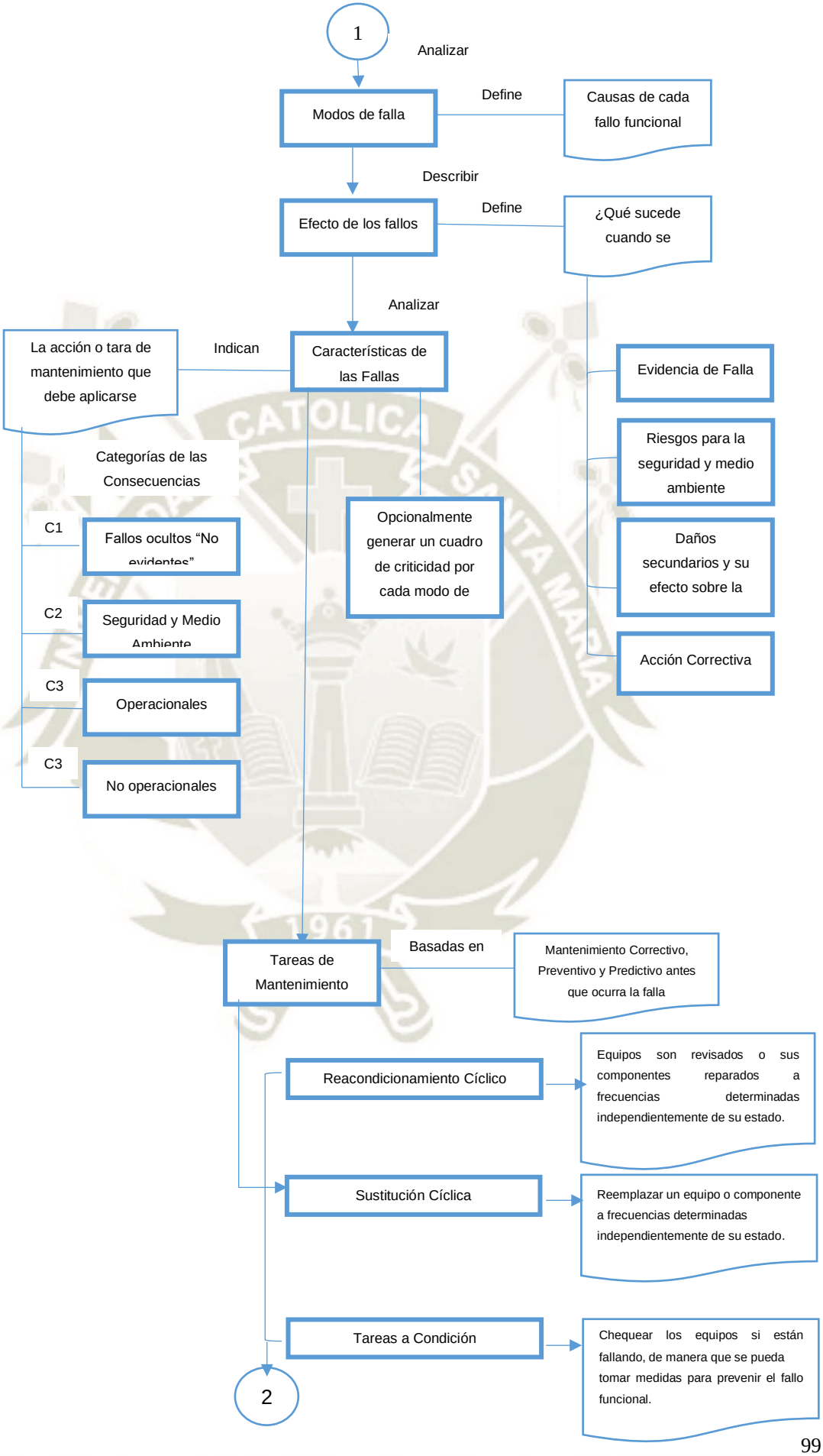
Figura 67 DIAGRAMA DE APLICACIÓN DEL RCM



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

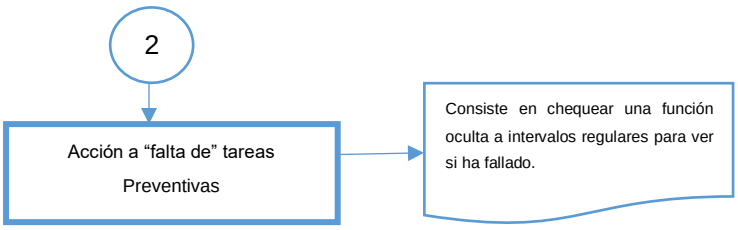
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: *"Aplicación de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) a Equipos de Minería a cielo abierto tomando como piloto La Flota Taladros de Voladura"* ARIZA Rincón, Albert Jair (2008)

4.3.1. GRUPO DE TRABAJO RCM

Para implementar adecuadamente la estrategia RCM es necesario formar un grupo de trabajo con campos funcionales determinados, este equipo debe definir y clasificar los objetivos y alcances de la estrategia RCM en todos sus aspectos.

Es importante el compromiso de los miembros y su especial familiarización con el proceso y los aspectos diversos de la máquina.

4.3.1.1. PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL EQUIPO RCM

La secuencia de actividades permite verificar el orden de la implementación de las técnicas y procedimientos a utilizar con el objetivo de tener resultados favorables en la implementación de la estrategia RCM en los equipos seleccionados.

El diagrama muestra la secuencia de actividades que desarrollará el Equipo hasta la verificación y comprobación para ser aplicables inclusive en otras áreas de la organización y, además, verificar la posibilidad de implementar a otros equipos.

Toda esta secuencia ha sido desarrollada para fines de la investigación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 30 CUADRO DE INTEGRANTES DEL EQUIPO RCM

APELLIDOS Y NOMBRES	FUNCIÓN – EQUIPO RCM	DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES	FUNCIÓN O CARGO QUE DESEMPEÑA EN LA UCSM
Ing. Zulema Hachire	Mantenimiento de Equipos LEM	La función del Técnico de Mantenimiento es de Aplicar los conocimientos sobre mantenimiento para lograr la mayor disponibilidad posible, así como la identificar fallas y dar solución mediante la estrategia RCM.	Personal Administrativo
Ing. Jonathan Almirón	Supervisor de Mantenimiento	La función del supervisor de mantención es tener una visión Global de la empresa y del equipo a analizar en el proceso para aplicarlo posteriormente en el análisis RCM y su toma de decisiones.	Docente
Ing. Emilio Chire Ramírez	Supervisor de Operaciones	La función del Supervisor de Operaciones es tener una visión global del proceso que realiza la máquina de tracción / compresión para aplicar el RCM con resultados positivos. Es encargado de verificar el trabajo con los estudiantes y los usuarios del servicio (Operadores).	Docente
Docentes y Jefes de Practicas del E.P. Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica e Ingeniería Industrial (Universo de 200 estudiantes)	Operadores	Grupo conformado por el personal que realiza las operaciones haciendo uso de la máquina mostrando a los estudiantes de Ingeniería, como utilizar correctamente el equipo en base a los conocimientos obtenidos en la teoría. Este mismo grupo puede realizar operaciones de servicio y adiestramiento externo.	Estudiante
Ing. Jorge Castro Valdivia	Facilitador	Es el líder del grupo de trabajo, su función consiste en guiar y facilitar el proceso de implantación del RCM, asegurando que éste estrategia se realice de forma ordenada y efectiva.	Docente

Fuente: *Elaboración Propia*

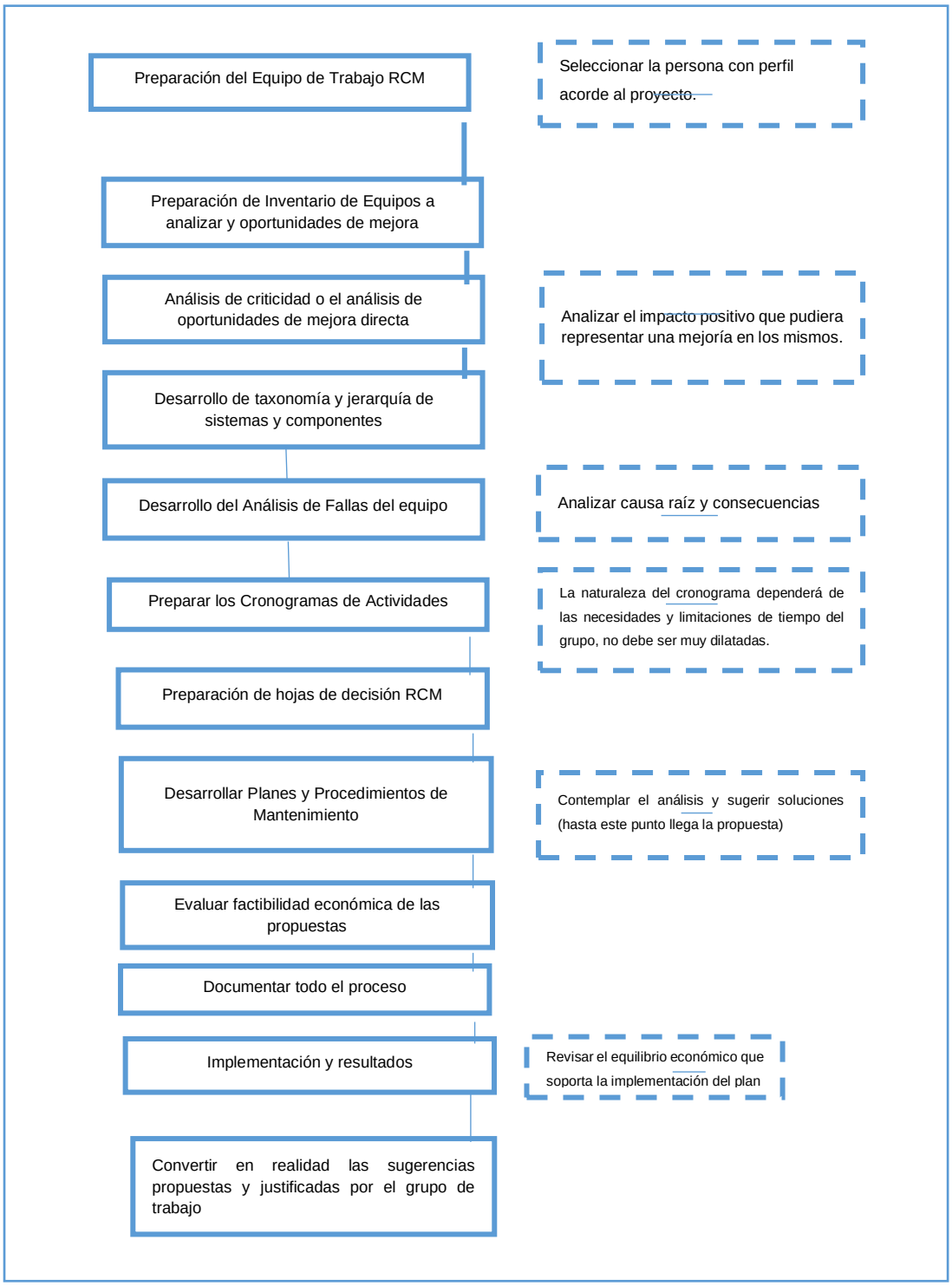
La ejecución del plan tuvo más de 20 sesiones de los distintos grupos como son del área técnica como de la supervisión para lograr objetivos a presentar. Las reuniones más importantes se detallan en la Tabla 33.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 68 DIAGRAMA DE SECUENCIA DE ACTIVIDADES DEL EQUIPO RCM



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 31 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL EQUIPO RCM

N°	FECHA	OBJETIVO	OBSERVACIONES	PARTICIPANTES
1	06/10/2016	Realizar una reunión de iniciación de la implementación del RCM. Se darán a conocer los objetivos y cronograma de trabajo a realizar durante el proceso de implementación. Se asignan las responsabilidades a cada uno de los integrantes del Equipo RCM.	Ninguna	Técnicos de Mantenimiento. Supervisor de Mantenimiento Supervisores de Operaciones Facilitador
2	12/11/2016	Reunión con el personal técnico y el supervisor de mantenimiento para la presentación del cronograma de implementación del RCM.	Ninguna	Técnicos de Mantenimiento. Supervisor de Mantenimiento Supervisores de Operaciones Facilitador
3	19/11/2016	Desarrollo del Análisis de Criticidad por el Grupo para los Equipos Críticos del LEM.	Uso de manuales y documentos relacionados a los equipos	Técnicos de Mantenimiento. Supervisor de Mantenimiento Facilitador
4	28/01/2017	Revisión del Documento de Criticidad. Selección del equipo más critico	Ausencia de Registros de Fallas de Sistemas y componentes	Técnicos de Mantenimiento. Supervisor de Mantenimiento Supervisores de Operaciones Facilitador
5	04/02/2017	Observaciones y correcciones al Documento de Criticidad	Ninguna	Técnicos de Mantenimiento. Supervisor de Mantenimiento Supervisores de Operaciones Facilitador
6	18/03/2017	Desarrollo de la taxonomía y jerarquización de los Sistemas, Componentes y Partes del Torno Mecánico	Bases de datos insuficientes. Análisis in situ.	Técnicos de Mantenimiento. Supervisor de Mantenimiento Supervisores de Operaciones Facilitador
9	20/05/2017	Desarrollo del Análisis de Falla	Bibliografía insuficiente para consulta sobre fallas de componentes	Técnicos de Mantenimiento. Supervisor de Mantenimiento Supervisores de Operaciones Facilitador

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

10	08/07/2017	Revisión del Análisis de Falla	Ninguna	Técnicos de Mantenimiento. Supervisor de Mantenimiento Supervisores de Operaciones Facilitador
11	14/10/2017	Desarrollo del Análisis de los Efectos de Fallas	Ausencia de registros detallados y las consecuencias de fallas	Técnicos de Mantenimiento. Supervisor de Mantenimiento Supervisores de Operaciones Facilitador
12	02/12/2017	Estimación de las Horas de duración de las tareas	El proceso fue detenido debido a la reestructuración del Pabellón R y sus laboratorios.	Técnicos de Mantenimiento. Supervisor de Mantenimiento Facilitador
13	05/01/2018	Elaboración de la Hoja de Decisión del RCM	Ninguna	• Técnicos de Mantenimiento de Torno. • Supervisor de Mantenimiento • Facilitador
14	16/03/2018	Elaboración de las tareas y procedimientos de Mantenimiento	Ausencia de Manual de Procedimientos de Mantenimiento de los Sistemas	• Técnicos de Mantenimiento de Torno. • Supervisor de Mantenimiento • Facilitador

Fuente: *Elaboración Propia*

Se observa que hubo un periodo en que todas las reuniones se detuvieron debido a la gran reestructuración del pabellón R y el consecuente traslado y reinstalación del laboratorio.

4.3.2. REGISTRO DE EQUIPOS

La estrategia RCM recomienda generar un registro de equipos que se adecue al proceso de identificar, no solo el activo, sino la ubicación y las funciones que le fueran inherentes. La dificultad en este paso era tener que arreglar la propuesta en forma concordante con el registro de inventarios de la Facultad. Debido a que el uso de la codificación es diferente al logístico, se acordó generar una codificación propia para el proceso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 32 ESTRUCTURA DE CODIFICACIÓN DE EQUIPOS DE LEM PARA RCM

Ubicación	
LEM1	Laboratorio R-304
LEM2	Laboratorio R-103
Área	
01	Ensayos de tracción / compresión
02	Ensayos de Impacto Ligero
03	Ensayos de Impacto Universal
04	Ensayos de Dureza
05	Ensayos de Microscopia
06	Área de corte
07	Procesos Térmicos
08	Preparación de Material
09	Análisis No Destructivo
Tipo de Maquina	
TC	Máquinas de tracción / compresión
TN	Máquina de Ensayo de Impacto Universal
ED	Durómetro
MS	Microscopio
CC	Cortadora
HH	Horno
EP	Equipo de Preparación mecánico
US	Equipo de Ultrasonido
UC	Osciloscopio
Número (Equipo)	Numeración especifica que determina un equipo único

Fuente: *Elaboración Propia*

4.4. APLICACIÓN DEL MÉTODO RCM EN LA MAQUINA DE TRACCIÓN – COMPRESIÓN

El proceso consiste en analizar el contexto operacional del Equipo de Tracción / Compresión Universal (LEM2-01-TC01), para esto se propone una secuencia de información que ayuda a centrar las condiciones de trabajo y el entorno operativo de la máquina.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

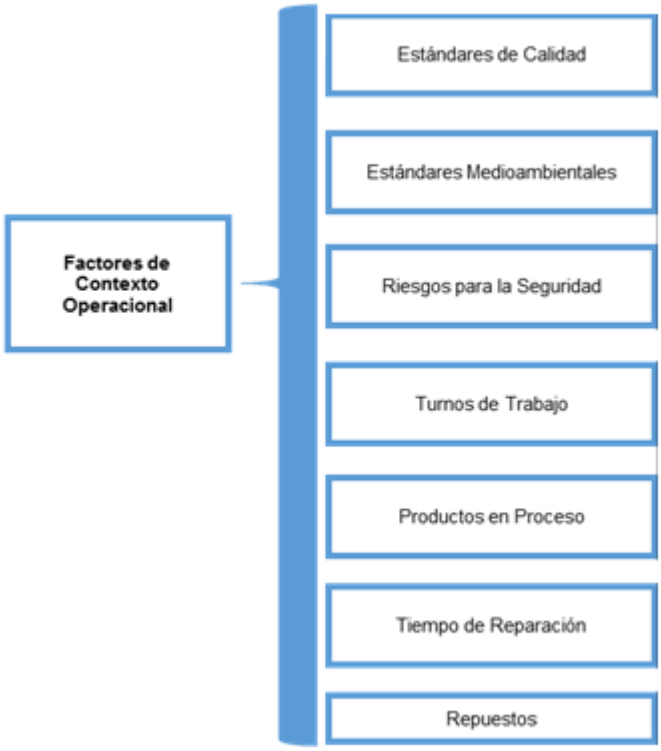
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.4.1. CONTEXTO OPERACIONAL

El siguiente cuadro muestra los factores a considerar, luego el detalle del análisis practicado a la Maquina:

Figura 69 FACTORES DE CONTEXTO OPERACIONAL CONSIDERADO PARA LA MAQUINA DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN DE LEM



Fuente: *Elaboración Propia*

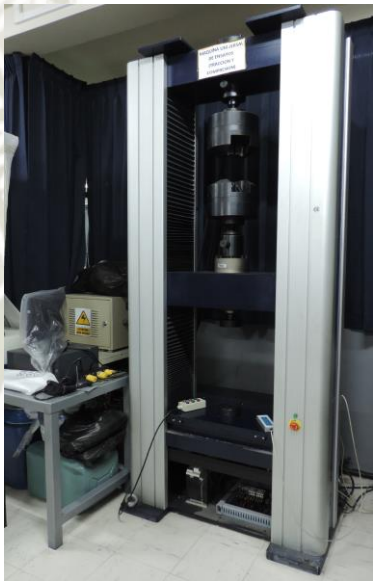
Esta máquina debe estar disponible 14 horas diarias de lunes a viernes, dependiendo del semestre y el curso que se desarrolle trabaja en turnos de 1.5 horas cada uno, las actividades se realizan bajo estándares de calidad ambiental y seguridad necesarios, los cuales son supervisados por los docentes a cargo de cada turno, las pruebas se realizan por lotes sin redundancia de máquinas; el mantenimiento normal es de dos tipos, preventivo y correctivo, el primero se divide en dos tareas principales la primera implica el cambio de aceite del sistema hidráulico frecuencia anual, siendo la segunda la limpieza interna con aire a presión con una frecuencia anual. El mantenimiento correctivo se realiza cuando se produce una falla de cualquier componente del equipo y tiene un tiempo de reparación promedio de 1.5 meses debido a que se tiene que importar. En cuanto a los repuestos más comunes son fusibles, contactores termo magnéticos y cables entre otros. Los siguientes cuadros resumen las características de la máquina y su contexto operacional:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 33 DATOS TÉCNICOS Y ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN DE LEM

DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO		
NOMBRE	**Maquina Universal de Ensayo**	**IMAGEN**
MARCA	**Time Group INC.**	
MODELO	**WDW300E**	
SERIE	**215**	
PROCEDENCIA	**China**	
AÑO DE FABRICACIÓN	**2011**	
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO		
Capacidad (kN)	**300**	
Rigidez del marco de carga (kN / mm)	**600**	
Rango de carga	**0.4% -100% de la carga máxima**	
Exactitud de la carga de prueba	**≤ ± 0.5%**	
Espacio de prueba	**Espacio de prueba simple / doble**	
Precisión de los tornillos de bola	**Nivel E de 16µm / 300mm**	
Precisión de la deformación	**<± 1% dentro del rango completo del 2% -100% del extensómetro (nivel de precisión ± 0.5%)**	
	0.001mm	
Exactitud del valor de indicación de la carga de prueba	**<± 1% (nivel de precisión ± 0.5%)**	
Resolución de carga	**1/200000 de la fuerza de carga máxima**	
Alcance de la medida de deformación	**2% -100% FN**	
Longitud del espacio de prueba sin mandíbulas (mm)	**1280**	
Ancho del espacio de prueba (mm)	**600/650**	
Dimensión (mm)	**1100x770x2817**	
Peso (kg)	**1560**	
Fuente de alimentación	**AC380v ± 10%, 50 / 60Hz, trifásico de cinco hilos**	
Poder	**5**	
Tipo de máquina	**Tipo de suelo o tipo de mesa (consultar con el grupo TIME)**	

Fuente: *Time Group Inc.(2016)*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 34 CONTEXTO OPERACIONAL DE LA MAQUINA DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN DE LEM

CONDICIONES GENERALES	
ACTIVIDAD	Ensayos de tracción o Compresión de materiales
AÑOS DE SERVICIO	6 AÑOS
SITUACIÓN ACTUAL	Operativo
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
TURNOS DE TRABAJO AL DÍA	Sin turnos específicos
N° DE HRS. DE TRABAJO X DÍA	4 horas promedio
TIPO DE MATERIAL UTILIZADO	Aluminio, Bronce y aleaciones ligeras
	Acero A-36
OPERADORES Y/O USUARIOS	
ESTUDIANTES DEL II y II SEMESTRE	CANTIDAD: 200 promedio
TESISTAS Y PROYECTOS ACADÉMICOS	CANTIDAD: 20 promedio
SERVICIOS TÉCNICOS	CANTIDAD: 10 promedio
CONTEXTO OPERACIONAL-FACTORES	
PROCESOS	Por lotes
REDUNDANCIA	No
ESTÁNDARES DE CALIDAD	Si – Calibración Externa
ESTÁNDARES MEDIO AMBIENTE	Si – reciclaje de materiales
RIESGOS PARA LA SEGURIDAD	Si – EPP, charlas de Seguridad
PRODUCTOS	Ensayos de tracción o de compresión según normas solicitadas o por pruebas de demostración sin norma específica.
TIEMPO REPARACIÓN	**Mantenimiento Preventivo:**
	Cambio aceite -> semestral (1 hr.)
	Soplado -> Semestral (1 día)
	Mantenimiento Correctivo:
	Calibración -> según patrón (anual en promedio)
	Fallas -> eventual (1 a 2 meses)
REPUESTOS	Fajas, cojinetes, fusibles, contactores, termo magnéticos,

Fuente: *Elaboración Propia*

4.4.2. TAXONOMÍA

La importancia de esta propuesta es definir los niveles de importancia en que se ubica la maquina o el sistema y la dependencia de las funciones que realiza. En base a la norma ISO

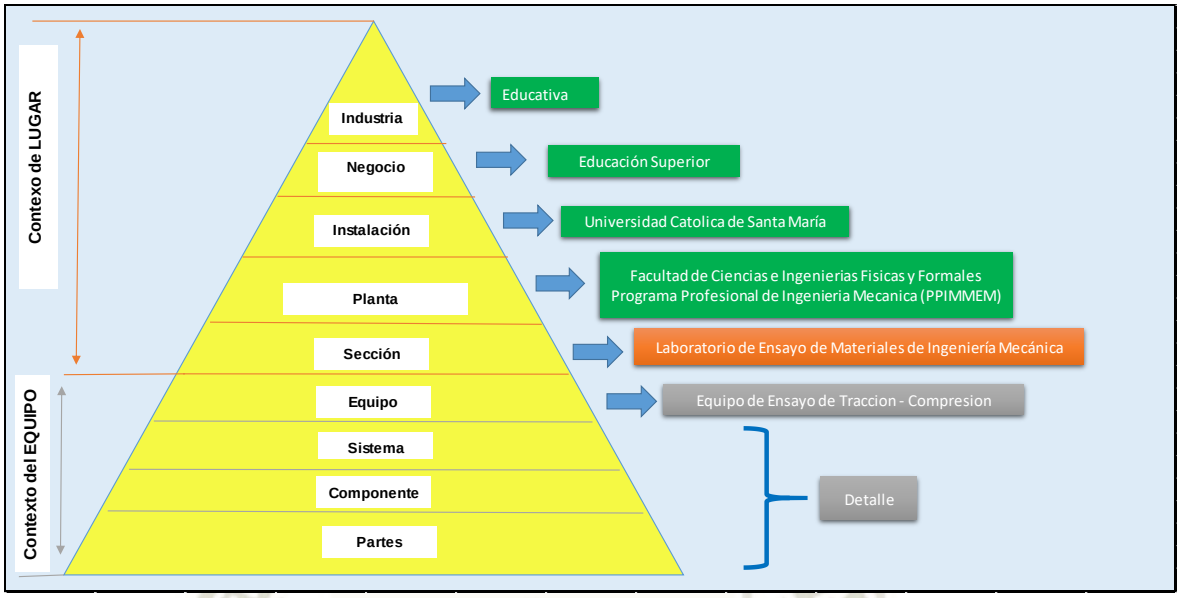
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

14224 en la aplicación de estrategias de confiabilidad para tanques y líneas de gas, se adapta para nuestro caso bajo el siguiente cuadro.

Figura 70 TAXONOMÍA DE LA MAQUINA DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN

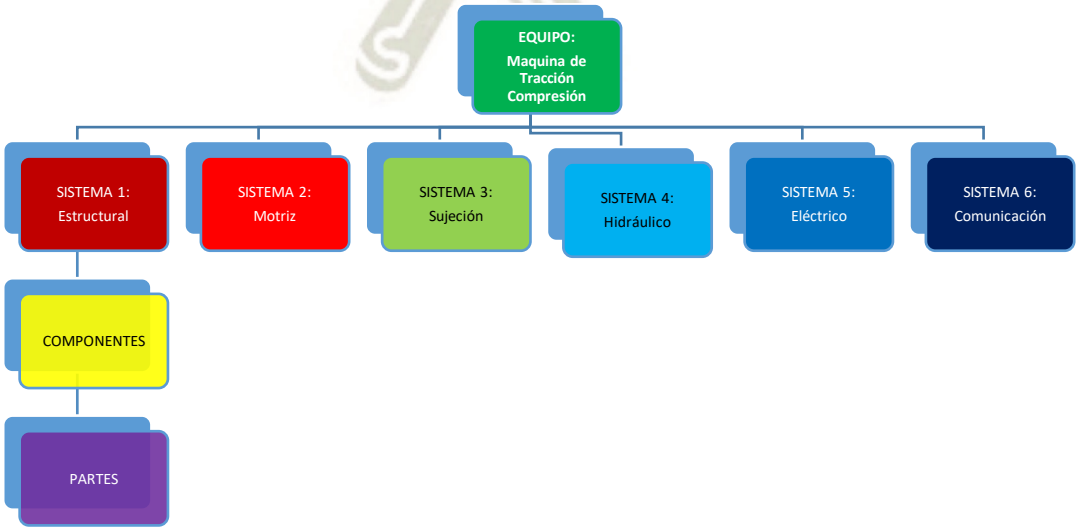


Fuente: *Elaboración Propia*

Para la implementación del RCM en la máquina de tracción / compresión, requiere reconocer los Sistemas, Componentes y Partes que lo conforman; de estos, a su vez, se analizarán las Funciones Principales, Secundarias, luego las Fallas Funcionales, Totales, Parciales, Modos de Falla y se planificarán las tareas de mantenimiento.

En particular, este procedimiento no prioriza sistemas que tengan mayor o menor relevancia en el equipo.

Figura 71 SISTEMA DE LA MAQUINA DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

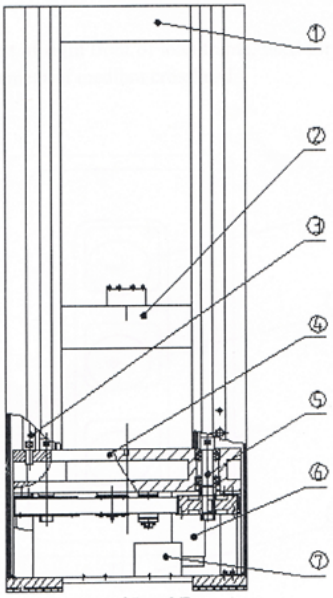
En este punto, es necesario contar con una Hoja de Información de RCM como estrategia para cada uno de los Sistemas que conforman la máquina de tracción - compresión, a continuación, se describe las partes y la metodología propuesta.

4.4.2.1. SISTEMA ESTRUCTURAL

Este sistema comprende toda la estructura en la que se soportan todos los equipos de trabajo los mecanismos de desplazamiento necesarios. La principal condición es su rigidez y la mínima deformación que debe tener en los ensayos y en el tiempo.

Figura 72 SISTEMA ESTRUCTURAL

	COMPONENTE		PARTES	
SISTEMA ESTRUCTURAL (SC)	A	Travesaño superior (1)	1	Travesaño
			2	Pernos de sujeccion
	B	Travesaño Medio (2)	1	Travesaño
			2	Pin-pasador
			3	cabezal de husillo
	C	Columnas (3)	1	Perfiles de soporte
			2	Cubiertas de aluminio
			3	Forros acordeon interior
	D	Banco de Trabajo (4)	1	Soporte de husillo
			2	Pin-pasador
			3	Soporte de engranaje A
			4	Soporte de engranaje B
	E	Husillo de bolas (5)	1	Husillo
			2	Caja de Rodamientos
			3	Soportes extremos



Structure of Load Frame

Fuente: *Elaboración Propia*

4.4.2.2. SISTEMA MOTRIZ

Este sistema comprende las poleas de sincronía o engranajes A, B y C los cuales están conectados a cada husillo de movimiento del travesaño medio para su elevación o descenso. El engranaje C es de reenvío o loco. El sistema variador está conectado al motor de pasos y a su vez al engranaje B.

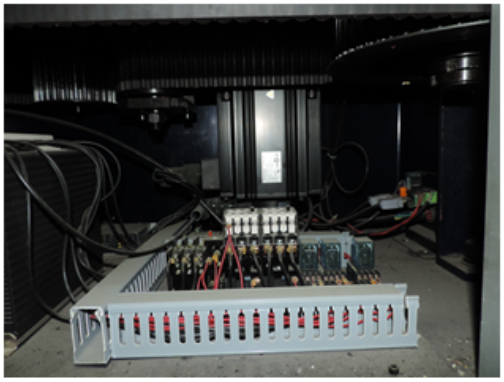
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 73 SISTEMA MOTRIZ

	COMPONENTE		PARTES	
SISTEMA MOTRIZ (SM)	A	Engranaje A	1	Engranaje A
			2	Chumacera A
	B	Engranaje B	1	Engranaje B
			2	Chumacera B
	C	Engranaje C (loco)	1	Engranaje C
			2	Chumacera C
	D	Faja de Transmision	1	Faja de Sincronia
	E	Regulador de Velocidad	1	Variador de velocidad
			2	hardware de variador
	F	Motor	1	Motor de Pasos
			2	Soporte de motor



Fuente: *Elaboración Propia*

4.4.2.3. SISTEMA DE SUJECIÓN

Este sistema consta de cuatro elementos claramente definidos: La mordaza superior y la inferior que son utilizados en el ensayo de tracción, el accesorio para compresión y el accesorio para flexión. Cada uno consta de diversas partes que se detallan en la Figura 74.

La celda de carga (15, 9C o 10F) es un sensor que corresponde, por su funcionamiento, al sistema de comunicación, pero resulta conveniente mostrarlo en el sistema de sujeción ya que esta está colocada en el travesaño medio para actuar con las mordazas o los accesorios según sea el caso de ensayo.

4.4.2.4. SISTEMA HIDRÁULICO

Este sistema agrupa la bomba hidráulica, su motor, sistemas de mangueras, filtro y sensor de presión. Su función está dirigida a hacer trabajar las mordazas y el sistema de fijación de las probetas de ensayo. La Figura 75 detalla los componentes y partes analizados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

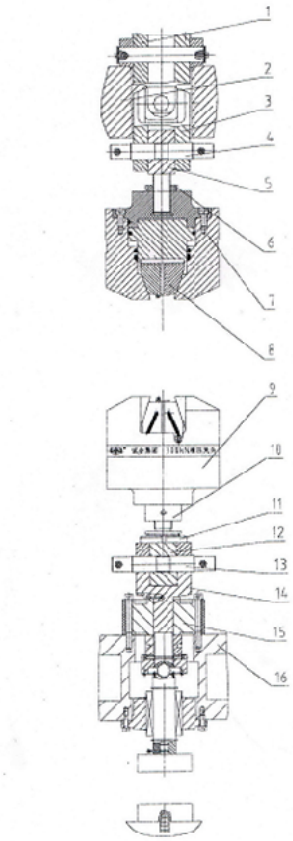
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

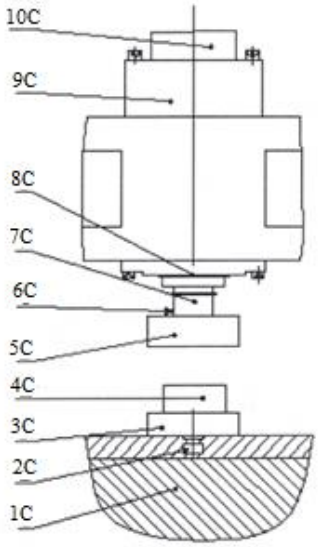
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 74 SISTEMA DE SUJECIÓN

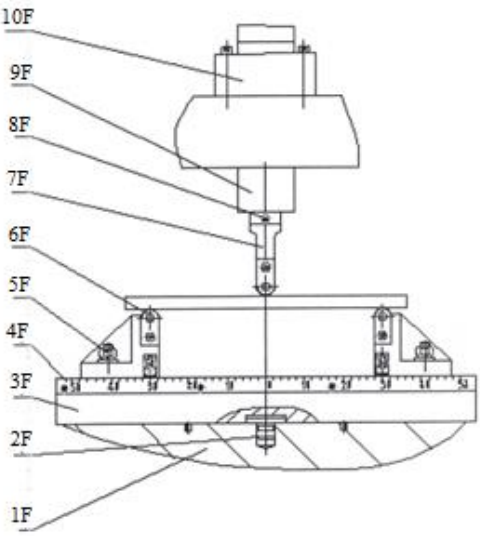
	COMPONENTE		PARTES	
SISTEMA DE SUJECIÓN (SS)	A	Mordaza Fija	1	Conector de asiento superior (1)
			2	Junta universal (3)
			3	Pin de fijación (4)
			4	Junta tope superior (5)
			5	Tuerca de bloqueo (6)
			6	Cuerpo de mordaza superior (7)
			7	Quijadas (pinzas) (8)
			8	Tuercas de ajuste
	B	Mordaza Móvil	1	cuerpo de quijada inferior (9)
			2	Tuerca de bloqueo (10)
			3	Tuerca conectora (11)
			4	Junta tope inferior (12)
			5	Pin posicionador (13)
			6	Barra guía (14)
				Celda de carga* (15)
	C	Accesorio para Compresión "C"	1	Eje Conector (10C)
			2	Brida rodamiento (8C)
			3	Barra guía inferior (7C)
			4	Rosca aseguradora (6C)
			5	Placa superior (5C)
			6	Placa Inferior (3C)
			7	Pin posicionador (2C)
	D	Accesorio para Flexión "F"	1	Pin posicionador (2F)
			2	Yugo (para ensayo de flexión) (3F)
			3	Regla (4F)
			4	Tuerca aseguradora (5F)
			5	Billas soporte inferior (6F)
			6	Billa de Presión superior (7F)
			7	Barra guía (9F)

* La celda de carga esta considerada en el Sistema de Comunicación.





Accesorio de Compresion "C"



Accesorio de Flexion "F"

Fuente: *Elaboración Propia*

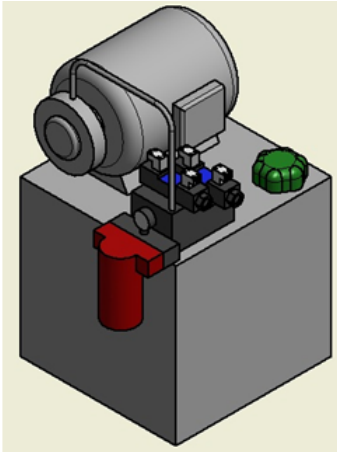
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

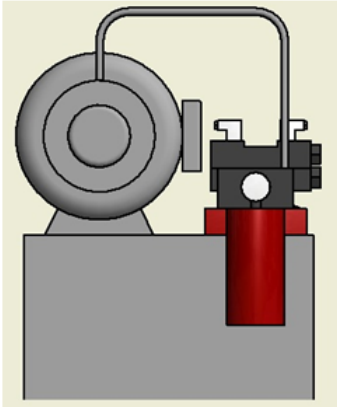
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 75 SISTEMA HIDRÁULICO

	COMPONENTE		PARTES	
SISTEMA HIDRAULICO (SH)	A	Bomba principal (de engranajes)	1	Engrane motriz
			2	Engranaje conducido
			3	Rodamientos
			4	Cuerpo de la bomba
			5	Tapas de la bomba
			6	Sellos
	B	Valvula direccional	1	Cabezal solenoide
			2	Vastago
			3	Sellos
			4	Cuerpo de la valvula
			5	Pernos de sujeccion
	C	Tanque	1	Tanque
	D	Cañerias	1	Mangueras
			2	Conectores terminales de mangueras
			3	Cañerias metalicas
			4	Tuercas y conectores de cañerias metalicas
	E	Valvula limitadora	1	Valvula limitadora de presion
	F	Motor principal	1	Estator
			2	Rotor
			3	Guarda delantera
			4	Guarda posterior
			5	Rodamientos
			6	Ventilador
			7	Filtro de linea
	G	Filtro de aceite	1	Carcasa
			2	Filtro
			3	Pernos de sujeccion
	H	Manometro de presion	1	Indicador de presion
			2	Rosca de conexión





Fuente: *Elaboración Propia*

4.4.2.5. SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico agrupa los tableros, mandos, y equipos de control de baja tensión, por otro lado, están las líneas de fuerza en 380V trifásico y 220V y finalmente los cables que cada línea requiere los cuales son denominados en grupo *hardware* sin definir características específicas ya que el fabricante los agrupa en un solo bloque. La Figura 76 detalla sus elementos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 76 SISTEMA ELÉCTRICO

	COMPONENTE		PARTES	
SISTEMA ELÉCTRICO (SL)	A	Botoneras	1	Pulsador de arranque de prueba
			2	Pulsador de subir mordazas
			3	Pulsador de sujeción de mordazas
			4	Pulsador de abrir mordazas
			5	Indicador de funcionamiento
	B	Tablero de control del servomotor	1	Contactor de avance
			2	Contactor de retroceso
			3	Relé térmico
			4	Borneras
			5	Conductores de conexión eléctrica
			6	Relé de control
	C	Driver	1	Tarjeta de potencia
			2	Tarjeta de Control
	D	Cableado (hardware)	1	Cableado de potencia
			2	Cableado de mando
	E	Tablero de adaptación de voltaje.	1	Cubierta externa
			2	Transformador reductor de voltaje
			3	Llave termo magnética
			4	Conector prensaestopas

Fuente: *Elaboración Propia*

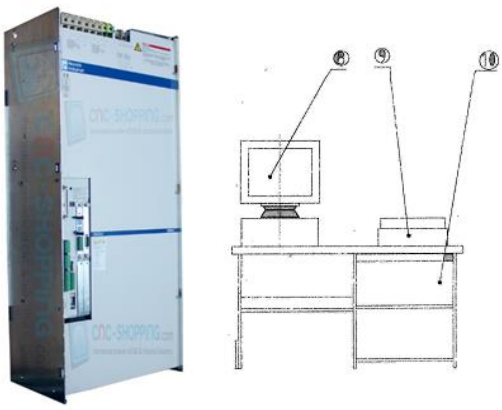
4.4.2.6. SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Los componentes de la comunicación están agrupados, esencialmente, en los sensores y decodificadores de señales analógicas y digitales.

En este grupo se incluye la computadora, el monitor y la impresora para los resultados. Es importante resaltar que este sistema contiene la celda de carga y su tarjeta de adquisición de datos integrada en la computadora.

Figura 77 SISTEMA DE COMUNICACIÓN

	COMPONENTE		PARTES	
SISTEMA DE COMUNICACIÓN (SC)	A	Celda de Carga	1	sensor
			2	Cable (Canal)
	B	Extensometro	1	sensor
			2	Cable (Canal)
	C	signal plate	1	Encoder
			2	Minas A4 servo system
			3	motor encoder trifasico
	D	Computadora	1	CPU
			2	display
			3	impresora
			4	mouse
			5	teclado
			6	Software
	E	Tarjeta de Adquisicion de Datos	1	A/D Plate
	F	(measuring control card W300B)	1	D/A Plate
			2	I/O circuit
			3	PWM output



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.4.3. ANÁLISIS DE FUNCIONES Y FALLAS DE FUNCIONES.

Una vez definidos los sistemas y componentes, es necesario analizar las funciones y las fallas que pueden darse en sus distintos niveles. Los siguientes cuadros detallan las fallas totales o parciales de las funciones primarias y secundarias.

4.4.3.1. FALLA INTEGRAL DEL EQUIPO.

Las siguientes tablas detallan el análisis de fallas practicado al equipo de tracción – compresión desde el punto de vista integral o global.

Tabla 35 FALLA INTEGRAL DEL EQUIPO

FUNCIÓN PRIMARIA		
Función primaria:	**Falla total**	**Falla Parcial**
Ensayar una probeta por tracción o compresión hasta una máxima fuerza de 300 KN y una elongación de 600 mm Con el fin determinar su curva de resistencia vs elongación con fines educativos y de investigación	No realiza el ensayo	No carga hasta 300 KN
		No elonga hasta 600 mm.
		No determina la curva Resistencia/Elongación
FUNCIONES SECUNDARIAS		
Función de Integridad Ambiental	**Falla total**	**Falla Parcial**
Controlar emisiones de ruido y derrame de materiales fluidos como aceite, grasas bajo normas del estado.	Genera contaminación por ruido o por fluidos	Derrame de aceite
		Ruidos extraños
		Olor irregular
Funciones de Seguridad	**Falla total**	**Falla Parcial**
Prevenir daños eléctricos sobre el personal de operación	parada total	parada por falla eléctrica
Detener la maquina por causa de mala operación o daño sobre operadores.	el sistema de emergencia no para la maquina	botonera defectuosa.
Sujetar las probetas remotamente minimizando el riesgo sobre los operadores.	No sujeta la probeta	Mando defectuoso
		insuficiente presión hidráulica
Función de Integridad Estructural	**Falla total**	**Falla Parcial**
Soportar las cargas de ensayo entre bastidores y mordazas	La estructura colapsa o se deforma	Fisura de algún elemento
		ruidos extraños
		Las mordazas resbalan

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Continuación de Tabla 35

Función de control	Falla total	Falla Parcial
Controlar la sujeción adecuada de la probeta	perdida de control sobre el equipo	pérdida de control sobre la sujeción de la probeta
Controlar la velocidad de desplazamiento		pérdida de control sobre la velocidad
Controlar la carga suministrada		perdida de control sobre la carga
Función de Contencion	Falla total	Falla Parcial
Controlar las posibles perdidas de aceite hidraulico	perdida de aceite hidraulico	goteo por alguna union
Controlar las posibles perdidas de grasas y lubricantes	perdida de grasa o lubricante	derrame parcial de lubricante
Función de Confort	Falla total	Falla Parcial
Facilitar el fácil manejo y observación visual de la operación	No se puede observar la operacion (operación incomoda)	Dificultades para apreciar el proceso
Facilitar la información mediante medios digitales que permitan la observación, almacenamiento e impresión de resultados	No se obtiene informacion del ensayo en pantalla ni se puede imprimir	Falla de comunicación hacia la cpu
		Incomodidad para el operador de CPU
		Dificultad en la visualizacion de los resultados
Función de Apariencia	Falla total	Falla Parcial
Mostrar apariencia sobria en color y estado superficial del equipo	perdida de la apariencia original del equipo	fugas de fluidos, suciedad evidente
		Corrosion
Funciones de Protección	Falla total	Falla Parcial
Prevenir daños sobre elementos móviles de precisión (tornillos)	los elementos moviles o tornillos quedan sin cubiertas	ruptura de las coberturas
Detener la maquina por causa de mala operación o daño sobre el equipo.	Falla del sistema de parada de emergencia	Sistema electrico defectuoso
Función de Eficiencia / Economía	Falla total	Falla Parcial
Obtener la curva de Tensión deformación con claridad y precisión (± 0.5%).	la curva obtenida no es certera (curva falsa)	Mala calibracion
		Falla en la comunicación
		falla en la conversion ADC
Funciones de Superfluas	Falla total	Falla Parcial
Ninguna		
Función de Confiabilidad	Falla total	Falla Parcial
Ninguna		

Fuente: *Elaboración Propia*

4.4.3.2. FALLA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

El siguiente cuadro muestra los resultados del análisis de funciones y el consecuente análisis de fallas del sistema estructural que soporta todas las maquinas del equipo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 36 FALLA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

SISTEMA ESTRUCTURAL		
Función primaria:	**Falla total**	**Falla Parcial**
Sostención de la maquina	no sostiene correctamente	mal montaje
		pernos desajustados
		mal anclaje
Función secundaria		
	Falla total	**Falla Parcial**
Sostener las mordaza superior que es fija	no sostiene las mordazas	pernos desajustados
		vibración constante
	Falla total	**Falla Parcial**
	parada total	parada por falla eléctrica
	el sistema de emergencia no para la maquina	botonera defectuosa.
	No sujeta la probeta	Mando defectuoso
		insuficiente presión hidráulica
Función de Confort	**Falla total**	**Falla Parcial**
Facilitar el fácil manejo y observación de la operación	Manejo dificultoso (operación incomoda)	falla del mando de sujeción
		falla de comunicación hacia la CPU
Facilitar la información mediante medios digitales que permitan la observación, almacenamiento e impresión de resultados	No se obtiene información del ensayo en pantalla ni se puede imprimir	falla de comunicación hacia la CPU
		sujeción defectuoso
		dificultad en la visualización de los resultados
Función de control	**Falla total**	**Falla Parcial**
Controlar la sujeción adecuada de la probeta	perdida de control sobre el equipo	perdida de control sobre la sujeción de la probeta
Controlar la velocidad de desplazamiento		pérdida de control sobre la velocidad
Controlar la carga suministrada		perdida de control sobre la carga
Función de Apariencia	**Falla total**	**Falla Parcial**
Mostrar apariencia sobria en color y estado superficial del equipo	perdida de la apariencia original del equipo	fugas de fluidos, suciedad evidente
		Corrosión
Funciones de Protección	**Falla total**	**Falla Parcial**
Prevenir daños sobre elementos móviles de precisión (tornillos)	los elementos móviles o tornillos quedan sin cubiertas	ruptura de las coberturas
Detener la maquina por causa de mala operación o daño sobre el equipo.	Falla del sistema de parada de emergencia	Sistema eléctrico defectuoso
Función de Eficiencia / Economía e Integridad Estructural	**Falla total**	**Falla Parcial**
Obtener la curva de Tensión deformación con claridad y precisión.	la curva obtenida no es certera (curva falsa)	Mala calibración
		Falla en la comunicación
		falla en la conversión ADC

Fuente: *Elaboración Propia*

4.4.3.3. FALLA DEL SISTEMA MOTRIZ

La Tabla 37 muestra los resultados del análisis de funciones y las consecuentes fallas del sistema motriz y todos los componentes móviles de la máquina.

4.4.3.4. FALLA DEL SISTEMA DE SUJECIÓN

La Tabla 38 muestra los resultados del análisis de funciones y las consecuentes fallas del sistema de sujeción que comprenden las mordazas y sus componentes auxiliares.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 37 FALLA DEL SISTEMA MOTRIZ

SISTEMA MOTRIZ		
Función primaria:	**Falla total**	**Falla Parcial**
Transmitir movimiento al husillo helicoidal	El husillo no se mueve	El husillo se mueve con dificultad
Función secundaria		
Función de Integridad Ambiental	**Falla total**	**Falla Parcial**
Controla ruidos o vibraciones	Ruido excesivo	Ruidos ligeros
		Vibración inusual
Funciones de Seguridad	**Falla total**	**Falla Parcial**
Movimiento seguro	El sistema no es seguro	Posible riesgo de accidente
Función de Integridad Estructural	**Falla total**	**Falla Parcial**
Movimiento sin posibilidad de atascos	Sistema trabado	Movimiento dificultoso
Función de Confort	**Falla total**	**Falla Parcial**
Accionamiento silencioso del sistema	Ruido excesivo	Ruido moderado
Función de control	**Falla total**	**Falla Parcial**
Movimiento seguro dentro de los parámetros de diseño	Sin movimiento	Movimiento sin control
		Movimiento con sobrecalentamiento
Función de Apariencia	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		
Funciones de Protección	**Falla total**	**Falla Parcial**
Sistemas cerrados y protegidos	Conjunto expuesto	Paneles o fundas rotas
Función de Eficiencia / Economía e Integridad Estructural	**Falla total**	**Falla Parcial**
Movimiento seguro dentro de los parámetros de diseño	Exceso de consumo de energía	

Fuente: *Elaboración Propia*

4.4.3.5. FALLA DEL SISTEMA HIDRÁULICO

La Tabla 39 muestra los resultados del análisis de funciones y las consecuentes fallas del sistema hidráulico que comprenden la bomba y sus componentes auxiliares, las mangueras, manómetros y reguladores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 38 FALLA DE SISTEMA DE SUJECIÓN

SISTEMA DE SUJECIÓN		
Función primaria:	**Falla total**	**Falla Parcial**
Sujetar una probeta por tracción hasta una máxima fuerza de 300 KN	No sujeta la pieza	No soporta hasta 300 KN
FUNCIONES SECUNDARIAS		
Función de Integridad Ambiental	**Falla total**	**Falla Parcial**
Controlar derrame de materiales fluidos como aceite, grasas.	Derrama aceite o grasas	
Controlar ruido	Genera ruidos	Ligeros ruidos
		Olor irregular
Funciones de Seguridad	**Falla total**	**Falla Parcial**
Sujetar las probetas remotamente minimizando el riesgo sobre los operadores.	No sujeta la probeta	Mando defectuoso
		insuficiente presión hidráulica
Función de Integridad Estructural	**Falla total**	**Falla Parcial**
Soportar las cargas de ensayo entre pinzas	Las pinzas se quiebran	Fisura de algún elemento
		Las pinzas de las mordazas resbalan
Función de control	**Falla total**	**Falla Parcial**
Controlar la sujeción adecuada de la probeta	perdida de control sobre las mordazas	sujeción defectuosa de la probeta
Función de Contención	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		
Función de Confort	**Falla total**	**Falla Parcial**
Facilitar el fácil manejo y observación visual de la operación	No se puede observar la operación (operación incomoda)	Dificultades para apreciar el proceso
Función de Apariencia	**Falla total**	**Falla Parcial**
Mostrar apariencia sobria en color y estado superficial del equipo	perdida de la apariencia original del equipo	fugas de fluidos, suciedad evidente
		Corrosión
Funciones de Protección	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		
Función de Eficiencia / Economía	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		
Funciones de Superfluas	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		
Función de Confiabilidad	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 39 FALLA DEL SISTEMA HIDRÁULICO

SISTEMA HIDRÁULICO		
Función primaria:	**Falla total**	**Falla Parcial**
Proveer de fluido hidráulico al sistema con un caudal de 40 L/min alrededor de 12 Mpa	No proveer el caudal nominal de la bomba.	Proveer un caudal menor al nominal de la bomba.
FUNCIONES SECUNDARIAS		
Función de Integridad Ambiental	**Falla total**	**Falla Parcial**
Transportar fluido hidráulico sin fugas.	Derrame total de fluido hidráulico.	Derrame parcial de fluido hidráulicos.
Funciones de Seguridad	**Falla total**	**Falla Parcial**
Transmitir el fluido hidráulico en conexiones debidamente apropiadas.	Conexiones sueltas.	Conexiones flojas.
Función de Integridad Estructural	**Falla total**	**Falla Parcial**
Trasmitir fluido hidráulico sin sobrepresiones.	Exceso de presión de fluido en el sistema.	Presencia de sobrepresiones moderadas.
Función de control	**Falla total**	**Falla Parcial**
Controlar la presión del sistema entre 0 a 25 Mpa.	No permite el rango de control esperado.	Rango reducido de control de presión del sistema.
Función de Contención	**Falla total**	**Falla Parcial**
Contener el fluido hidráulico sin presencia de fugas.	Fuga de gran volumen de fluido hidráulico.	Fugas pequeñas de fluido hidráulico.
Función de Confort	**Falla total**	**Falla Parcial**
Accionamiento silencioso del sistema.	Ruido excesivo del sistemas.	Ruido moderado.
Función de Apariencia	**Falla total**	**Falla Parcial**
Facilidad de identificación de componentes.	Perdida de identificación de componentes.	NO APLICA
Funciones de Protección	**Falla total**	**Falla Parcial**
Contar con una válvula de fácil ubicación y liberación de sobrepresión del sistema.	Falla de total de válvula.	NO APLICA
Función de Eficiencia / Economía	**Falla total**	**Falla Parcial**
Funcionamiento con la minina cantidad de energía.	Funcionamiento con consumo elevado de energía.	Funcionamiento con consumo por encima del valor normal de consumo.
Funciones de Superfluas	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		
Función de Confiabilidad	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.4.3.6. FALLA DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La Tabla 40 muestra los resultados del análisis de funciones y las consecuentes fallas del sistema eléctrico que comprenden los cables de alimentación, conectores y sistemas de control de arranque y parada totales de las diversas unidades del equipo.

Tabla 40 FALLA DEL SISTEMA ELÉCTRICO

SISTEMA ELÉCTRICO		
Función primaria:	**Falla total**	**Falla Parcial**
Transmitir la energía eléctrica a los puntos requeridos en forma permanente con las medidas de seguridad del caso.	Perdida total de suministro.	Perdida parcial de suministro.
FUNCIONES SECUNDARIAS		
Función de Integridad Ambiental	**Falla total**	**Falla Parcial**
NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
Funciones de Seguridad	**Falla total**	**Falla Parcial**
Proveer de suministro eléctrico de forma confiable sin perdidas de energía.	Perdida de energía con potencial de riesgo de electrocución y/o riesgo eléctrico.	Presencia de fugas de energía eléctrica.
Función de Integridad Estructural	**Falla total**	**Falla Parcial**
Sujeción adecuada de conductores eléctricos.	Perdida de sujeción de conductores y partes eléctricas.	Perdida parcial de sujeción de conductores eléctricos.
Función de control	**Falla total**	**Falla Parcial**
NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
Función de Contención	**Falla total**	**Falla Parcial**
NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
Función de Confort	**Falla total**	**Falla Parcial**
Facilidad de acceso para cambios de componentes.	Acceso a componentes con elevada dificultad.	Acceso con dificultad moderada a componentes
Función de Apariencia	**Falla total**	**Falla Parcial**
Estética en distribución de componentes.	Perdida de estética de componentes.	Perdida moderada de estética de componentes.
Funciones de Protección	**Falla total**	**Falla Parcial**
Uso de elementos de seguridad contras fallas de cortocircuito, sobrecargas y fugas a tierra.	Daño total de componentes de protección.	Daño de algunos componentes de protección.
Función de Eficiencia / Economía	**Falla total**	**Falla Parcial**
Transmisión de energía sin fugas de energía en el sistema.	Elevado consumo de energía	Consumo superior al valor nominal de la maquina.
Funciones de Superfluas	**Falla total**	**Falla Parcial**
NO TOTAL	NO APLICA	NO APLICA
Función de Confiabilidad	**Falla total**	**Falla Parcial**
NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.4.3.7. FALLA DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

La Tabla 43 muestra los resultados del análisis de funciones y las consecuentes fallas del sistema de comunicaciones que comprenden los cables de comunicación, tarjetas analógicas y digitales, sensor de carga o celda de carga, la computadora y el software que la gobierna.

Tabla 41 FALLA DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

SISTEMA DE COMUNICACIÓN		
Función primaria:	**Falla total**	**Falla Parcial**
Transferir los datos del ensayo a través de conversión ADC y DAC para su procesamiento y obtención de la curva de esfuerzo	no hay comunicación con la maquina o viceversa	Algunas señales no llegan a la Pc
FUNCIONES SECUNDARIAS		
Función de Integridad Ambiental	**Falla total**	**Falla Parcial**
Controlar fugas eléctricas, la emisión de CO2, evitar calentamiento de los componentes del sistema	Existe calentamiento en los componentes y ruidos molestos	El calentamiento no es alto y los ruidos son bajos
Controlar ruido	Genera ruidos	Ligeros ruidos
		Olor irregular
Funciones de Seguridad	**Falla total**	**Falla Parcial**
Proteger al operador en el momento de la operación de la maquina.	no protege al operario ni al entorno	En alguna parte del sistema hay peligro al momento de la operación
Función de Integridad Estructural	**Falla total**	**Falla Parcial**
Soportar las tarjetas de comunicación y sus conexiones	Las tarjetas no tiene una estructura adecuada para su soporte	La estructura aun permite el soporte de algunas tarjetas y conexiones
Función de control	**Falla total**	**Falla Parcial**
Permitir el control de la máquina de ensayo, desde la PC a través del sistema de comunicación	No se puede controlar la maquina de ensayo	Solo algunas funciones de la maquina se pueden controlar
Función de Contención	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		
Función de Confort	**Falla total**	**Falla Parcial**
Mostrar un conexionado sencillo con leyendas y etiquetas, facilitar el manejo del ensayo	es difícil realizar la operación de ensayo por causa de las comunicaciones	Algunas operaciones son incomodas, dificultades de operación.
Función de Apariencia	**Falla total**	**Falla Parcial**
Mostrar apariencia sobria de las conexiones, así como de las conexiones a la PC y la misma maquina	perdida de la apariencia original del equipo	Cables desconectados, suciedad evidente, cables dispersos
Funciones de Protección	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		
Función de Eficiencia / Economía	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		
Funciones de Superfluas	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		
Función de Confiabilidad	**Falla total**	**Falla Parcial**
No aplica		

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.4.4. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS

Muchas veces se ejecuta un análisis de criticidad de sistemas e inclusive de partes para estratificar un modo de falla y analizar su influencia, pero esto no es correcto, el análisis de modo de fallas (AMEF) precede a un estudio de criticidad debido a que es necesario determinar la falla e inclusive el efecto sobre el equipo o la economía del proceso o más aun (como es el caso de los fallos ocultos) en los resultados imprevistos y efectos en el futuro.

Los siguientes cuadros describen las posibilidades de fallas y los efectos a distintos niveles según la Norma SAE JA 1012.

Figura 78 CARTILLA DE ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA POR SISTEMA

PG.		UNIVER	
		ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRÍA EN I	
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM	
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CAST	
Equipo		MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN	
Sistema		ESTRUCTURAL	

FUNCIÓN		Falla funcional		Modo de Fallo			
		Nivel 1			Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
1		A		1			
				2			
				3			
				4			
				5			

RSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA			
INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO			
A) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM			PÁG..
TRO VALDIVIA			AÑO: 2017
Responsable:			

Causalidad	Causa Raíz	Error humano	Efecto de Falla
Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.4.5. PROCESO DE EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS DE FALLAS

El siguiente proceso está basado en la metodología de John Mubray expuesta en el libro RCM II. Si bien este modelo puede ser mejorado en algunos detalles, es aplicable en nuestro caso.

El proceso consiste en separar y clasificar las fallas evidentes de las ocultas, luego ordenar las consecuencias de las fallas evidentes según su importancia importancia de menor a mayor. Para este proceso usamos una Hoja de Decisión RCM(Moubray, 2012) orientada en la primera columna con la codificación de los sistemas, componentes, partes, modos de falla, efectos y tareas, los cuales seguirán las columnas con las siglas H, S, E, O y N que son utilizadas para para registrar respuestas a preguntas relacionadas a las consecuencias de cada modo de falla.

Las Columnas F, FF Y MF representan las Fallas, las Fallas Funcionales y los Modos de fallas de las Partes del Sistema.

Figura 79 HOJA DE DECISIÓN RCM DE MOUBRAY

HOJA DE DECISIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°	FACILITADOR	Fecha	Hoja
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	SUB-SISTEMA N°			De

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5	S4			

Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".*
MOUBRAY, John. (2012)

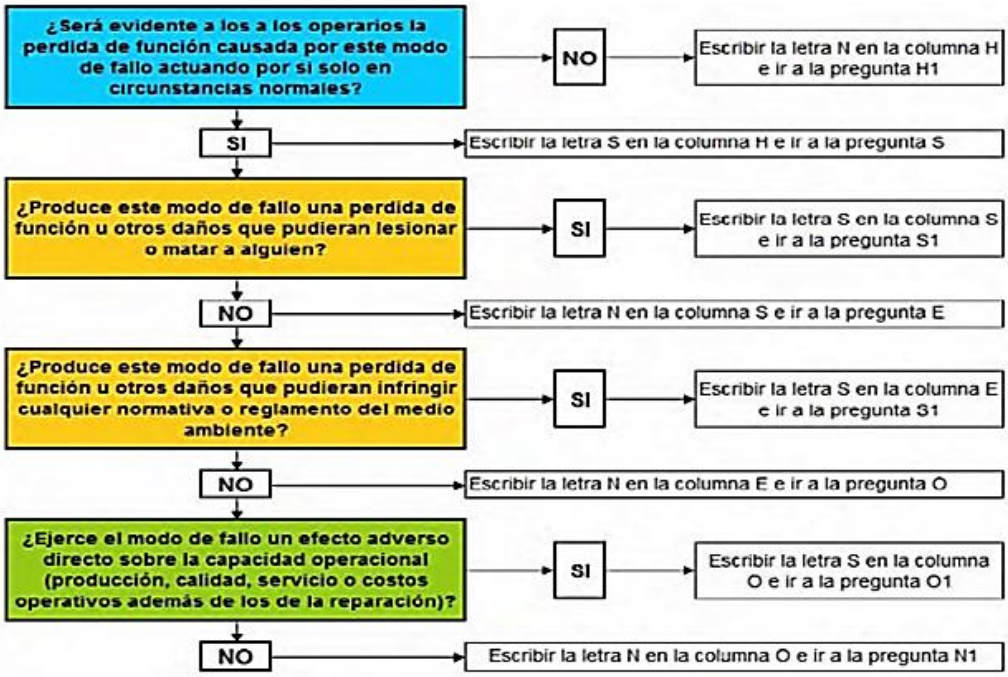
Para poder analizar las consecuencias de las fallas descrita en la metodología de modo que se logre, de una manera sistematica,condiciones que permitan tomar decisiones el modelo indica seguir la siguiente secuencia logica:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 80 MAPA DE SEGUIMIENTO RCM DE MOUBRAY



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".*
MOUBRAY, John. (2012)

Este procedimiento permite llegar a una combinación lógica de respuestas en las que Moubray concede una serie de preguntas orientadas a centrar el problema y las condiciones que puedan alterar una toma de decisiones.

De la octava a la décima columna de la Hoja de Decisión, es usado para inducir la posibilidad de una tarea proactiva:

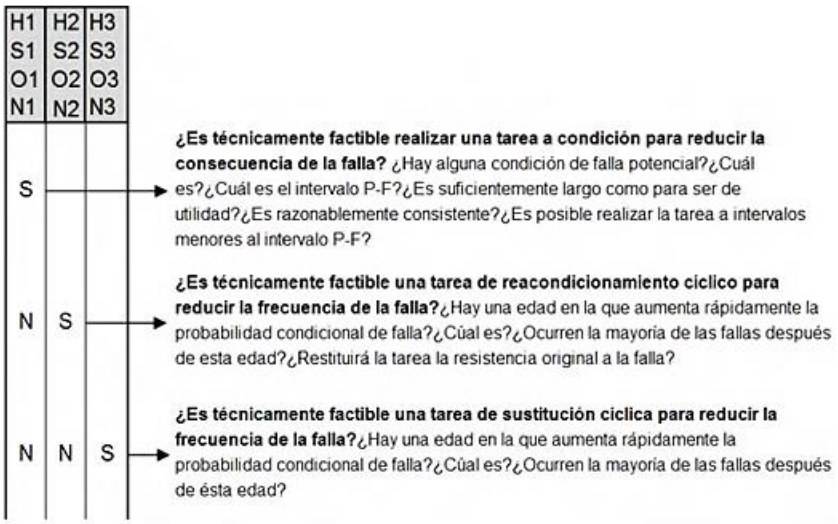
- La columna H1/S1/O1/N1 registra si se pudo encontrar una tarea o condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo como para evitar las consecuencias, puede ser única o por intervalos.
- La columna H2/S2/O2/N2 registra si se puede encontrar una tarea de orden cíclico apropiada para prevenir las fallas.
- La columna titulada H3/S3/O3/N3 registra si se pude encontrar una tarea de sustitución cíclica para prevenir o anular las fallas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 81 CONSECUENCIA DE FALLAS RCM DE MOUBRAY

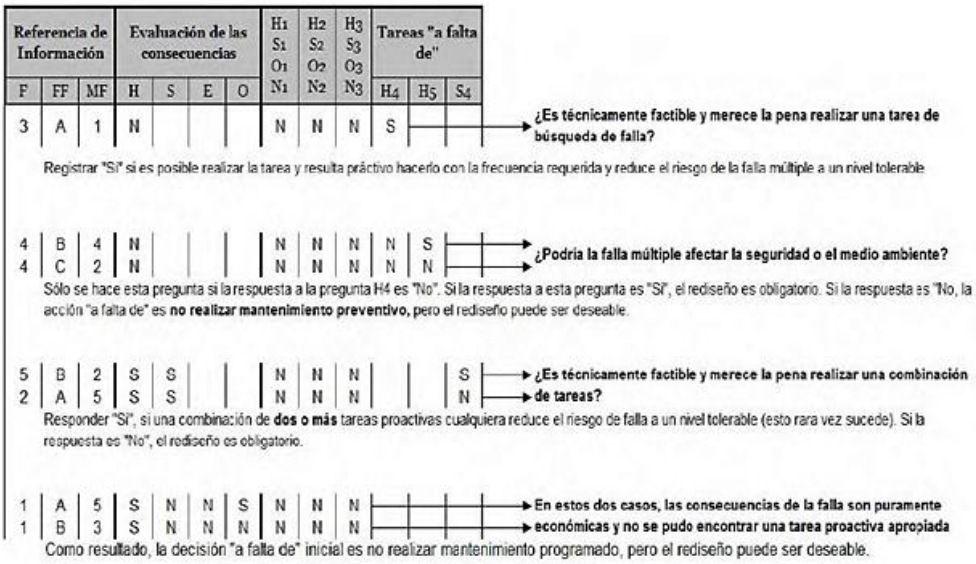


Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".*
MOUBRAY, John. (2012)

Toda operación es apropiada si es técnicamente factible y las condiciones globales lo hacen favorable. Esto implica dar una respuesta positiva a todas las preguntas que muestra en la figura previa, la tarea debe responder al criterio de "merece la pena ser realizada" , si la respuesta a cualquiera de estas preguntas es negativa o se desconoce, entonces se tendrá que rechazar la tarea totalmente.

Las columnas encabezadas con H4, H5 o S4 son las que permiten registrar esas respuestas. Note que solo se preguntan si las respuestas a las tres preguntas previas, todas fueron NO

Figura 82 PREGUNTAS "A FALTA DE..."



Fuente: *"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad".*
MOUBRAY, John. (2012)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hay), la frecuencia con la que debe hacerse y quién ha sido seleccionado para realizarla”

Este proceso ha sido aplicado solo en los eventos de fallas en los que no se tienen antecedentes o bien no se ha podido definir una propuesta clara de parte del usuario o del fabricante.

La hoja de evaluación de consecuencias de fallas, seguido para el equipo EUT/C tiene la siguiente forma:

Figura 83 HOJA DE DECISIONES RCM, APLICADAS AL EQUIPO

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRIA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EP		PAG.
ELABORADO PO	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA		AÑO: 2017
Equipo	MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCION / COMPRESION	Responsable:	
Sistema	GENERAL		

HOJA DE DECISIONES RCM

Equipo No. :	Tipo :	Fecha inicio :	Fecha final :	Equipo de trabajo :	Revisado por :	Rev. No.	Hoja
Articulación hacia un proceso proactivo	Objetivo :			Lider :	Aprobado por :	fecha :	&

Funcion Falla Funcional Modo de Falla			Consecuencia				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	H4 S4 O4	Accion si no hay alternativa			Tarea propuesta	Clasificacion de Mantenimiento (Codigos propuestos)					Intervalo Inicial	Responsible
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	N4	H4	H5	S4		MP	MD	MC	MOD			
1	A	4	N	N	N	Y	N	N	Y					- Revisar Sistemas del equipo	x					n.a.	Personal Propio
1	A	2	N	N	N	Y	Y							- Detener el equipo			x			n.a.	Personal Propio
1	B	1	N	N	N	Y	N	N	Y					- Revisar Sistemas del equipo						n.a.	Personal Propio
1	C	1	N	N	N	Y	N	N	Y					- Revisar Sistemas del equipo						n.a.	Personal Propio
1	D	1	N	N	N	Y	Y							- Considerar Calibracion del Equipo		X				12 meses	Servicio Externo

S5-08 Nomenclat

F - Falla | FF - Falla Funcional | MF - Modo de Falla

MP - Mantenimiento Preventivo | MD - Mantenimiento Predictivo | MC - Mantenimiento Correctivo | MOD - Modificar condicion

Fuente: *Elaboración Propia*

El siguiente cuadro muestra el proceso de Análisis de Modo y efecto de falla por cada sistema, este trabajo se ha desarrollado siguiendo la metodología propuesta con el fin tener un cuadro más claro para toma de decisiones.

En el Anexo 3 se detalla el cuadro resultado en su totalidad

Figura 84 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS POR SISTEMA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPMMEM		PÁG..
ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA		AÑO: 2017
Equipo	MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN	Responsable:	
Sistema	ESTRUCTURAL		

FUNCIÓN		Falla funcional		Modo de Fallo				Causalidad	Causa Raiz	Error humano	Efecto de Falla
		Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	
1	Sostener rigidamente todos los componentes en un ensayo de tracción o compresión hasta 300 Kn	A	No sostiene rigidamente todos los componentes de un ensayo de tracción o compresión hasta una fuerza de 300 KN	1	Travesaño superior desnivelado	Travesaño deformado	NA	travesaño arqueado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
						Pernos de sujeción dañado	NA	Pernos con juego	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
				2	Travesaño medio desnivelado	Travesaño deformado	NA	travesaño arqueado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
						Pin-pasador con juego	NA	Pin-pasador dañado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Posible error en resultado de ensayo
						cabezal de husillo con juego	NA	cabezal de husillo degastado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
				3	Columnas desniveladas	Perfiles de soporte deformado	NA	Perfiles arqueados	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
						Cubiertas de aluminio con daños	NA	placas dobladas o perforadas	mala maniobra o accidente en el	No tomar previsiones	Compromiso sobre otros elementos
						Forros acordeón interior roto	NA	forros doblados o perforados	mala maniobra o accidente en el	No tomar previsiones	Compromiso sobre otros elementos
				4	Falla del banco de Trabajo	Soporte de husillo con juego	NA	Soporte de husillo degastado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
						Pin-pasador con juego	NA	pin pasador dañado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Posible error en resultado de ensayo
						Falla de soporte de engranaje A	NA	desgaste del soporte	Desgaste normal	Inspección inadecuada	Posible error en resultado de ensayo
						Falla del soporte de engranaje B	NA	desgaste del soporte	Desgaste normal	Inspección inadecuada	Posible error en resultado de ensayo
				5	Falla del husillo de bolas	Husillo fracturado	NA	Fractura del eje - husillo	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
						Husillo desgastado	NA	Espiras dañadas o fatigadas	Desgaste normal	Inspección inadecuada	Parada de equipo
							NA		Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
						Falla de caja de rodamientos	NA	Perdida de lubricación adecuada	Falta de lubricación	Inspección inadecuada	Parada de equipo
						Falla de soportes extremos	NA	Perdida de lubricación adecuada	Falta de lubricación	Inspección inadecuada	Parada de equipo
2	Asegurar la integridad del lugar ante posibles fallas	A	La operación no es segura	1	Falla en la integridad estructural	Elementos sueltos o mal sujetados	NA	Perdida de seguridad en la operación	Falta de mantenimiento	Inspección inadecuada	Parada de equipo
						Elementos fracturados	NA	Perdida de seguridad en la operación	Falta de mantenimiento	Inspección inadecuada	Parada de equipo
						Elementos faltantes	NA	Perdida de seguridad en la operación	Falta de mantenimiento	Inspección inadecuada	Parada de equipo

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.5. PROPUESTA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Para esta propuesta se ha analizado el concepto de Moubray, quien sugiere que, para describir una tarea proactiva basada en el análisis de fallas, es necesario describir la actividad en un documento lo sufrientemente claro que no admita lugar a dudas o suposiciones que dependan de otras personas para interpretar la acción.

Luego de un análisis en consenso se han fijado tres niveles de mantenimiento de los cuales dos de ellos deben ser controlados por el personal del propio laboratorio o bien por convenio. Simultáneamente se ha definido el personal y las funciones relacionadas a la actividad de mantenimiento, los recursos requeridos y los protocolos de seguridad y salud ocupacional.

El monitoreo de las actividades de mantenimiento debe ser trazable de modo que los indicen y niveles de estado sean mesurables.

4.5.1. NIVELES DE MANTENIMIENTO

La propuesta está basada en el hecho que el personal que opera el equipo tiene que relacionarse con su funcionamiento y la forma de que este se realice de manera optima, esto significa involucrarse necesariamente en el mantenimiento.

Una de las mayores dificultades de evolucionar en el tiempo es el hecho que buena parte del personal no es estable y su permanencia suele ser no mayor a un año con lo que queda limitada la evolución del personal sobre los niveles propuestos.

4.5.1.1. PRIMER NIVEL

Está relacionado a las actividades mínimas o básicas que deben realizarse sobre el equipo, en esencia debe ser realizado por cualquier personal que diariamente trabaja con el equipo y que requiere poca preparación para ejecutarlo. Las operaciones más representativas que se relacionan con este nivel son:

- ✓ Instalación y remoción de piezas de común operación
- ✓ Inspección de estado exterior de piezas y sistemas del equipo (rupturas, golpes, rayaduras, corrosión, etc.)
- ✓ Operaciones de mantenimiento preventivo comunes o indicadas en el manual de operación.
- ✓ Detección de ruidos anómalos equipo.
- ✓ Detección de vibraciones anómalas.
- ✓ Inspección de niveles de aceite.
- ✓ Suministrar grasa en los puntos accesibles.
- ✓ Localizar fugas (aceite, refrigerante, etc.)
- ✓ Cambio de filtros externos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- ✓ Purga de líneas hidráulicas y neumáticas.
- ✓ Limpieza exterior de la maquinaria

4.5.1.2. SEGUNDO NIVEL

Este nivel requiere de mayor especialización, se considera las operaciones de mantenimiento preventivo y aquellas correctivas que requieren montaje y desmontaje de piezas y sistemas de manera controlada y que no requieren instrumentos especializados más allá de los usados de manera común en el laboratorio; pueden requerir apoyo logístico. Las operaciones más representativas que se relacionan con este nivel son:

- ✓ Localizar y corregir fugas de fluidos o aire, inmediatamente de ser posible.
- ✓ Cambio de filtros internos.
- ✓ Sustitución de piezas comunes sometidas a desgaste por operación.
- ✓ Inspección de conexiones eléctricas y digitales.
- ✓ Analizar y decidir la tercerización de cualquier operación de mantenimiento sobre el equipo.

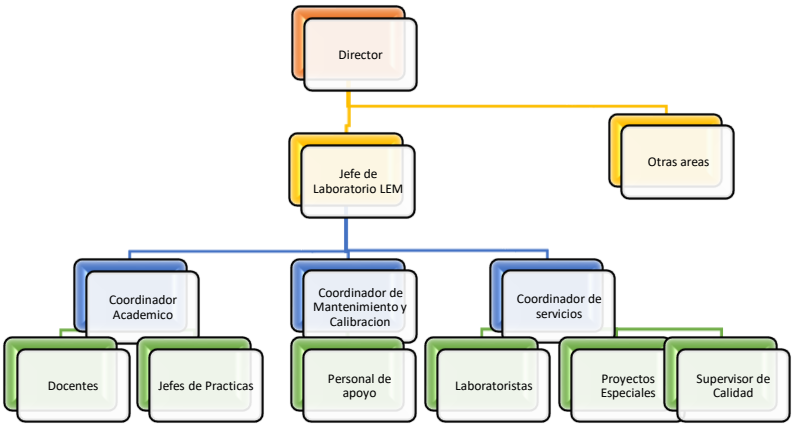
4.5.1.3. TERCER NIVEL

Este nivel requiere de trabajo especializado y apoyo logístico, se considera las operaciones de mantenimiento predictivo y correctivo especializado. En este nivel se considera la acción del representante de la máquina y su servicio especializado o el servicio especializado de terceros. También se considera la posibilidad de modificaciones y rediseño de elementos y partes del equipo en busca de mejoras operativas o funcionales.

4.5.2. PERSONAL Y FUNCIONES

Según las indicaciones de la norma ISO/IEC 17025 en relación a las funciones y jerarquía del personal, la organización debe tener funciones que no generen conflicto ni afecten la calidad del trabajo, ante esta necesidad se plantea el siguiente organigrama de la Figura 85.

Figura 85 DIAGRAMA JERÁRQUICO EN BASE A ISO/IEC 17025



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La Tabla 42 muestra las funciones relacionadas con la acción directa sobre la norma ISO/IEC 17025 y el mantenimiento RCM. Esta tabla es muy importante ya que permite relacionar las actividades con la documentación requerida en los procesos de calidad de operaciones del LEM.

Tabla 42 FUNCIONES DE ACCIÓN DIRECTA RCM – ISO/IEC 17025

CARGO	FUNCIÓN ISO/IEC 17025		FUNCIÓN RCM	
Jefe de Laboratorio	1	Cumplir y hacer cumplir las políticas, procedimientos e instrucciones que aseguran la calidad de los resultados de los ensayos.	1	Organizar el equipo de trabajo y los procedimientos orientados a un plan de mantenimiento de equipos
	2	Gestionar las acciones de mejora continua		
	3	Autorizar, controlar y actualizar los documentos en áreas legales, técnicas, de procedimientos, instructivos y registros que generen una adecuada trazabilidad	2	Autorizar, controlar y actualizar los documentos en áreas, técnicas, de procedimientos, instructivos y registros.
	4	Garantizar una adecuada comunicación con los clientes y usuarios del laboratorio		
	5	Generar procedimientos y registros de reclamos		
	6	Gestionar el estado y mantenimiento de los equipos generando registros que permitan una adecuada trazabilidad de las operaciones	3	Gestionar el estado operativo y mantenimiento de los equipos
	7	Gestionar la trazabilidad metrológica y secuencia de la calibración e incertidumbre de equipos	4	Gestionar la secuencia de calibración de equipos
	8	Gestionar acciones preventivas sobre no conformidades	5	Gestionar acciones preventivas y correctivas sobre no conformidades de orden operativo
Supervisor de Calidad	1	Auditar las políticas, procedimientos estándar e instrucciones de trabajo para asegurar la calidad de los resultados de los ensayos.		
	2	Generar un manual de calidad	1	Generar un manual de calidad
	3	Auditar la mejora continua	2	Auditar la mejora continua
	4	Auditar las políticas y acciones de reclamos		
Coordinador de Mantenimiento y Calibración	1	Ejecuta la secuencia de la calibración e incertidumbre de equipos para generar trazabilidad metrológica	1	Ejerce la Jefatura de Mantenimiento, ejecuta los planes propuestos y secuencia de la calibración de equipos: Ordenes de trabajo Establece planes y prioridades Prevé los materiales, repuestos y equipos necesarios para mantenimiento. Genera informes e historial de operaciones de mantenimiento
Coordinador de Servicios	1	Dirige, controla y actualiza los documentos en áreas técnicas, de procedimientos, instructivos y registros que generen trazabilidad de todas las operaciones		
	2	Coordina las operaciones con los laboratoristas	1	Coordina y supervisa operaciones preventivas de mantenimiento
Laboratoristas	1	Ejecutan las operaciones técnicas relacionadas a los ensayos autorizados y certificados	1	Ejecuta operaciones preventivas de mantenimiento y documenta los pasos
	2	Genera la documentación de resultados		

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.5.3. RECURSOS REQUERIDOS

Basados en la revisión del reglamento de Laboratorios de la UCSM y las condiciones básicas adaptadas para esta actividad, se ha tomado en cuenta los sílabos de los cursos relacionados al Plan de Estudios de Periodo 2016 – 2020 vigente.

Otro documento considerado se relaciona con el CENTRO DE PRODUCCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (Almiron, J.; Castro, J.;, 2016) actividad creada por resolución 6076-CU-2016 para dar servicios a terceros.

Finalmente, como parámetro técnico se considera las normas ISO/IEC 17025 relacionadas a la gestión y operaciones propias de un laboratorio.

En relación a los recursos físicos, el laboratorio debe contar con la tecnología, equipos, personal e infraestructura necesarios, que permitan cumplir con los objetivos planteados en las normas y actividades antes mencionadas, de modo que se acoplen a las necesidades de cada una. Las actividades directas relacionadas al mantenimiento requieren obligatoriamente un espacio físico para poder operar adecuadamente, buena luz ambiental, adecuada ventilación, tomas de corriente con adecuado aislamiento, uso de llaves termomagnéticas y protección diferencial, adicionalmente las normas peruanas indican un espacio mínimo de 5 m2 por ambiente (RESOLUCIÓN MINISTERIAL Nº 375-2008-TR).

En relación a las herramientas y equipos necesarios, es importante observar que la propuesta inicial de mantenimiento solo admite operaciones con personal propio hasta el segundo nivel por lo que se hace necesario contar con las siguientes herramientas.

Tabla 43 EQUIPO NECESARIO PARA LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

EQUIPO O MATERIAL	CANTIDAD		EQUIPO O MATERIAL	CANTIDAD
Set destornilladores	02 (Set)		Juego de llaves	02 (Set)
Multímetro	01 (Un)		Cuter	02 (Pz)
Pinza plana	02 (Pz)		Set llaves hexagonales	01 (Set)
Set aire comprimido	01 (Un)		Martillo	01 (Pz)
Brocha	01 (Un)		Alicate Universal	01 (Pz)
Trapo industrial	03 (Kg)		Wincha	01 (Pz)
Linterna	02 (Un)		Lupa	01 (Pz)
Cinta Aislante	5 (Un)		Llave francesa (2")	01 (Pz)
Pinzas antimagnéticas	02 (Pz)		Pinza de tenazas	01 (Pz)
Pinzas comprensión	01 (Pz)		Juego de Dados	01 (Set)
Cortador cables	01 (Pz)			

Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.5.4. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

En este contexto la universidad a través de la Coordinación de Laboratorios y Gabinetes ha desarrollado una serie de documentos que ordenan las condiciones de salud y seguridad en los laboratorios:

- Plan de Seguridad de Laboratorios con resolución 6253-CU-2016
- Manual de Seguridad de Laboratorios con resolución 6253-CU-2016
- Plan de Contingencia de Laboratorios con resolución 6375-CU-2017
- Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos con resolución 6375-CU-2017

Basados en los documentos anteriores se desarrollaron los siguientes documentos:

- Matriz IPERC (Identificación de peligros, evaluación de riesgos y control), como un documento que debe ser desarrollado a inicio de una actividad definida por todos los que estarán involucrados en la experiencia o servicio y que permite a cada persona tomar conciencia de los cuidados y riesgos de cada actividad.
- Manual de Seguridad del Laboratorio de Ensayos de Materiales (documento interno).
- Procedimiento Escrito de Trabajo (PET) de la maquina universal de tracción – compresión (documento interno)

4.5.5. MONITOREO DE MANTENIMIENTO

Para esta función se requieren cuatro documentos:

- ✓ Ficha u Orden de trabajo
- ✓ Hoja de procedimientos (si se requiere)
- ✓ Historial de operaciones de mantenimiento.
- ✓ Informes de Ejecución (realizado por terceros)

La ficha u orden de trabajo es un documento necesariamente elaborado por el LEM, ya sea para ejecución propia o por terceros, en ella se trata de detallar el tipo, detalles y condiciones del mantenimiento programado según el cronograma anual de mantenimiento.

Si se trata de un mantenimiento correctivo por fallas inesperadas, es necesario detallas la mayor cantidad de datos necesario, evidentemente no existe una codificación programada pero los planos y las observaciones deben ayudar a iniciar una adecuada operación, ya sea propios o por terceros especialistas quienes harán los cambios o modificaciones necesarias en la operación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 86 FICHA DE ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

Fuente: *Elaboración Propia*

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	
	ESCUELA DE POSGRADO-MAESTRIA EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO	
TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM (1)	PAG. 1/1
ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2018

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

N° Orden de Trabajo (2) | Fecha de solicitud | Hora | Solicitado por:

Area | Sistema | Componente

Equipo (3) | Codigo

Tipo de Mantenimiento (4) | Tipo de tarea / Nivel | Frecuencia | Codigo de tarea

N°	Descripcion de la Operación	Tiempo Propuesto	Especificaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6	(5)		
7			
8			
9			
10			

PLANO

(6)

OBSERVACIONES PROPUESTAS

(7)

RECURSOS NECESARIOS

Mano de obra		Materiales y repuestos		Herramientas y/o equipos necesarios	
Descripcion	Cantidad	Descripcion	Cantidad	Descripcion	Cantidad
	(8)				

TRABAJO EJECUTADO

1	
2	
3	
4	
5	
6	(9)
7	
8	
9	
10	

OBSERVACIONES

Hora y fecha de inicio del mantenimiento	
Hora y fecha de termino del mantenimiento	(10)
Tiempo de ejecucion	

Firma del Coordinador / Responsible

(11)

1. Encabezado: Información general del documento, folio y fecha
2. Numero de orden de trabajo, fecha, hora y siglas del solicitante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3. Área y Equipo: Información de área de trabajo, equipo, código RCM y código UCSM
4. Tipo de mantenimiento, tarea y nivel, frecuencia y código de tarea RCM.
5. Descripción de la operación, tiempo y especificaciones si se requieren.
6. Plano detalle del sector a trabajar.
7. Observaciones adicionales según complejidad o necesidad.
8. Recursos necesarios: tipo de personal, materiales, herramientas y equipos necesarios.
9. Trabajo ejecutado: campo a ser llenado por el responsable de la ejecución.
10. Datos definitivos de hora y fecha de inicio y término. Tiempo de ejecución.
11. Firma del coordinador o responsable.

La hoja de procedimientos es un documento donde se detallan operaciones con más profundidad para evitar errores o malentendidos que puedan generar malas ejecuciones de mantenimiento. Es importante anotar que este documento solo será necesario en caso nuevas operaciones o cuando el personal lo ejecutará por primera vez.

Este documento exige la firma de tres responsables, el que planifica, la revisión de un tercero y la aprobación del coordinador principal o jefatura.

Figura 87 FICHA DE HOJA DE PROCEDIMIENTOS

Fuente: *Elaboración Propia*

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	
	ESCUELA DE POSGRADO-MAESTRIA EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO	
	TESIS: APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM (1)	PAG. 1/1
	ELABORADO POR: ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2018

HOJA DE PROCEDIMIENTOS					N°.
Nombre Equipo		Código		Ubicación	
Marca	(2)	Modelo	(3)	Serie	(4)
Tipo de Mantenimiento		Tarea		Codigo de tarea	

FOTO EN EXPLOSION DE PARTES PRINCIPALES DEL EQUIPO A INSPECCIONAR
Detalle de las opraciones a realizar
(5)

N°.	Rutina de Trabajo	Sistema/Partes/Estado y Criticidad/Observaciones y Recomendaciones para Ejecución de Mantenimiento
1	LIMPIEZA GENERAL	
2	INSPECCION Y AJUSTE	(6)
3	LUBRICACION GENERAL	
4	INSPECCION PERIODICA PROGRAMADA	

	ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
NOMBRES:	(7)	(8)	(9)
FECHA:			

1. Encabezado: Información general del documento, folio y fecha
2. Nombre del equipo, marca y tipo de mantenimiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3. Código RCM, modelo y tarea a ejecutar (MC, MP, MD)
4. Ubicación, serie del equipo y código de tarea RCM.
5. Descripción libre de la operación, con detalles y especificaciones que se requieren.
6. Resumen de observaciones por el tipo de rutina a realizar
7. Firma del elaborador del plan.
8. Firma del revisor encargado o especialista relacionado.
9. Aprobación del coordinador o jefe del laboratorio.

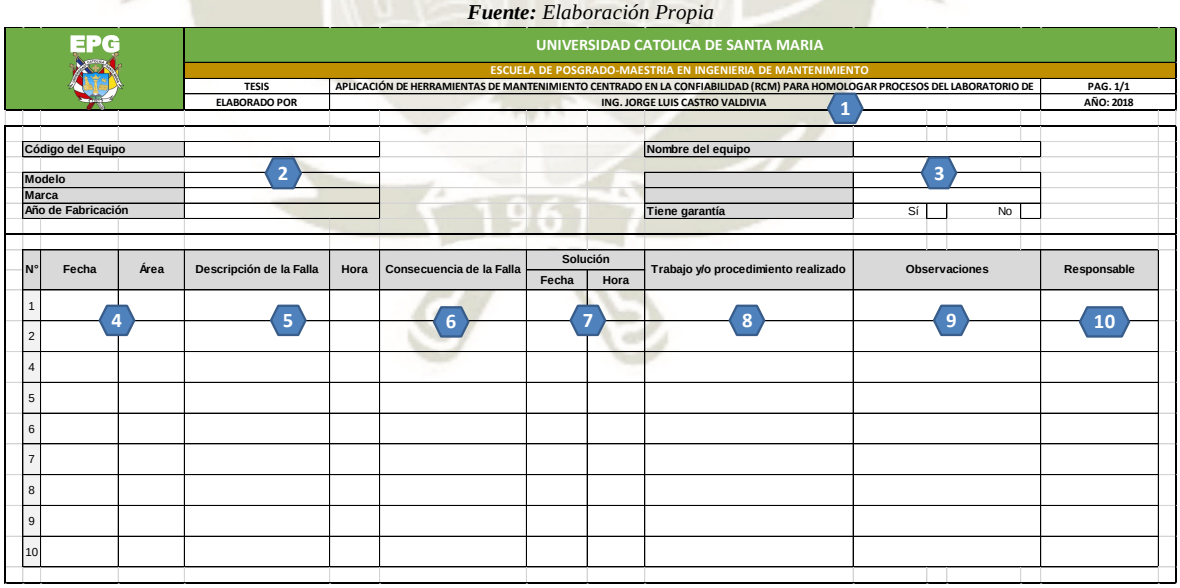
El historial de operaciones mantenimiento, es un documento muy importante que resume las acciones realizadas sobre la máquina para su mantenimiento programado o reparaciones necesarias en la vida de la máquina.

De este documento se puede elaborar estadística relacionada a la disponibilidad y la confiabilidad de la máquina, así como las causas más importantes de cada operación de mantenimiento.

Es importante informar que cada laboratorio lleva un historial de acciones en general, en función a la demanda de información de acreditación y calidad educativa. El documento es obligatorio en todos los laboratorios, pero la información que se obtiene de ese documento es incompleta.

Figura 88 FICHA DE HISTORIAL DE OPERACIONES

Fuente: *Elaboración Propia*



EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		
	ESCUELA DE POSGRADO-MAESTRIA EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO		
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE	PAG. 1/1
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA (1)	AÑO: 2018

Código del Equipo		Nombre del equipo	
Modelo (2)		(3)	
Marca			
Año de Fabricación		Tiene garantía	Sí ☐ No ☐

N°	Fecha	Área	Descripción de la Falla	Hora	Consecuencia de la Falla	Solución		Trabajo y/o procedimiento realizado	Observaciones	Responsable
						Fecha	Hora			
1	(4)		(5)		(6)	(7)		(8)	(9)	(10)
2										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

1. Encabezado: Información general del documento, folio y fecha
2. Código de equipo, modelo, marca y año de fabricación.
3. Nombre del equipo, detalles importantes, estado de garantía.
4. Fecha y área del suceso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5. Descripción de la falla y la hora en que se produjo, detalle lo más importante, no las consecuencias.
6. Consecuencias de la falla, solo los más importantes y directos.
7. Fecha y hora de la solución.
8. Trabajo realizado, ser especifico
9. Observaciones: realizado por nuestro personal o por terceros.
10. Nombre del coordinador responsable.

En relación a los informes de ejecución realizados por terceros, usualmente ellos proponen sus formatos, pero es importante anotar que, si se requiere más información en función de nuestras necesidades, deben indicarse con anterioridad para evitar pérdida de información y malentendido.

4.6. MONITOREO DE ESTADO Y MANTENIMIENTO

En monitoreo y evaluación del mantenimiento será necesario la aplicación de hojas de cálculo, herramientas gráficas y software para evaluar índices que sirvan en la toma de decisiones.

Los siguientes índices o KPI's sugeridos pueden darnos un margen sobre el funcionamiento y operación adecuados de la máquina de ensayos analizada:

4.6.1. DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD

Básicamente en una sección donde no se ha seguido ningún programa de mantenimiento y que la data necesaria no está ordenada según se requiere para tener la información estadística que constituya una herramienta de decisión, es importante tomar los indicadores de mantenimiento propuestos en la Tabla 12 para desarrollar los indicadores de disponibilidad y confiabilidad.

Para esto es necesario documentar los tiempos de operación y los tiempos en que el equipo estuvo en condición de falla, los documentos propuestos en los Anexos 4, 5, 6 y 7 permiten ordenar esta información con la que se puede inferir la disponibilidad en un periodo definido:

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{TT-(TF+TM)}{TT}$$

Donde:

TT: Tiempo Total

TF: Tiempo de Falla

TM: Tiempo de Mantenimiento

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Si tenemos en cuenta los mantenimientos preventivos, usaremos la siguiente formula de disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad genérica (\%)} = \frac{TT-(\sum PM+\sum DT)}{TT-\sum PM}$$

Donde:

TT: Tiempo Total

DT: Tiempo de Falla donde ni funciona ni produce

PM: Tiempo de Mantenimiento preventivo

Y como consecuencia se puede estimar el nivel de confiabilidad:

$$\text{Confiabilidad (C) (<1)} = e^{-\lambda t}$$

Donde:

t: Periodo analizado

λ: Índice de falla o 1/MTBF

MTBF: Tiempo medio entre fallas

4.6.2. OTROS RATIOS PROPUESTOS

Aunque la celda de carga es el único responsable de la señal ligada a los resultados, el estado general del equipo es responsable de la incertidumbre del ensayo y su repetibilidad, en esta condición, se hace necesario tener en consideraciones algunas ratios que serán de utilidad para tomar decisiones en relación a mejoras o cambios.

- ✓ **Numero de ensayos por calibración (NEC)**

Este es un ratio de información acumulativa que relaciona el número de ensayos valido entre operaciones de calibración en un periodo definido. Inicialmente podemos considerar un año.

- ✓ **Frecuencia de calibración anual (FCA)**

Consiste en definir cuantas calibraciones oficiales se realizan por año, su cifra nos indica el estado de la celda y el grado de eficiencia en el mantenimiento general del equipo.

- ✓ **Frecuencia de Calibración vs Disponibilidad**

Este ratio compara el estado de la celda de carga con la capacidad operativa real del equipo. En el tiempo esta cifra va reduciendo en un periodo semejante al de la confiabilidad para

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

luego estabilizarse. En el tiempo en el que el equipo evidencie desgaste la cifra empezara a crecer, haciendo evidente un periodo de vejez.

4.7. TAREAS PROPUESTAS DE MANTENIMIENTO

Si bien es cierto que el modelo RCM sugiere analizar una matriz de priorización de las actividades por sistema de cada equipo, nuestro caso evidencia que no es necesario este análisis debido a que prácticamente todas las posibilidades de fallas que tienen efecto sobre la ejecución de un ensayo tienen una sola conclusión: la prueba no se considera valida.

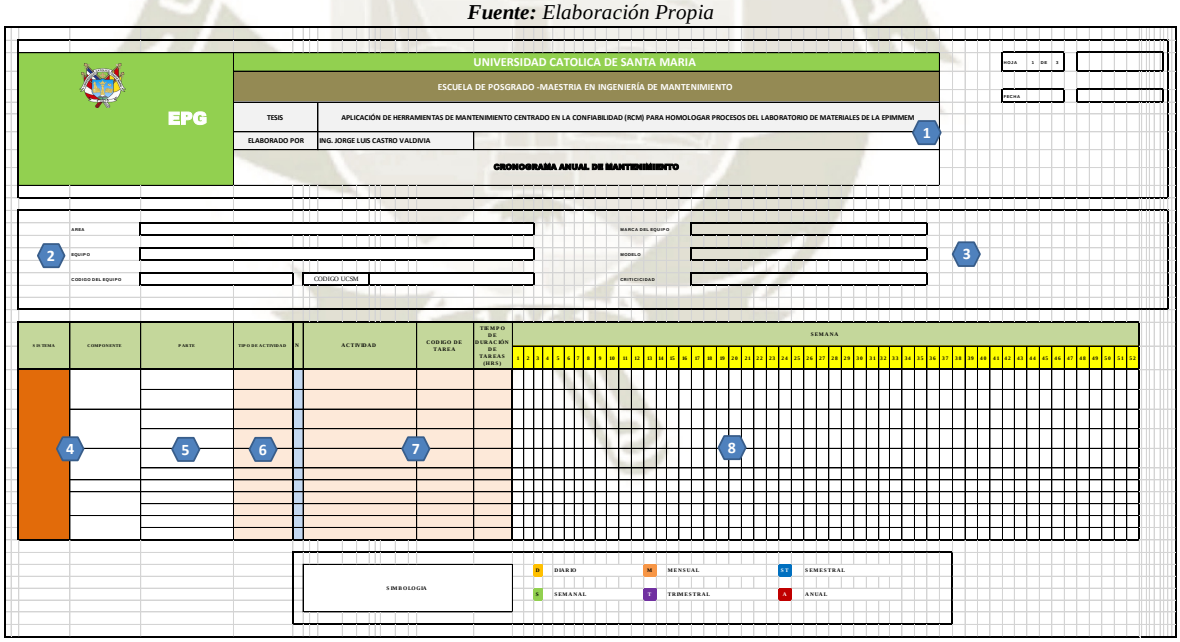
Por ellos es importante declarar los cuadros que eviten esta posibilidad y permita que el equipo cuente con una secuencia documental que permita su trazabilidad.

4.7.1. PROPUESTA ANUAL DE MANTENIMIENTO POR NIVELES

El siguiente cuadro describe la propuesta general sobre las actividades en cada nivel y por sistema para lograr una secuencia de operaciones que aseguren los mayores índices de efectividad y trabajo del equipo EUT/C. El plan en su totalidad esta descrita en el Anexo 8.

Figura 89 HOJA DE CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO

Fuente: *Elaboración Propia*



1. Encabezado: Información general del documento, folio y fecha
2. Área y Equipo: Información de área de trabajo, equipo, código RCM y código UCSM
3. Marca y Criticidad: Información de marca, modelo y criticidad del equipo en el área relacionada.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

4. Sistema y Componente: Grupos de sistemas y componentes según análisis de taxonomía RCM
5. Parte: Nominación de cada parte relacionada cada componente según análisis de taxonomía RCM
6. Tipo de Actividad: Tipo de actividad relacionada al mantenimiento RCM
7. Actividad: Numeración, actividad específica, código de tarea y duración estimada según análisis RCM
8. Frecuencia: Indicación de frecuencia y fecha según actividad RCM

La codificación de operaciones y actividades y su numeración es como de describe en la siguiente tabla:

Tabla 44 CUADRO DE CODIFICACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		
	ESCUELA DE POSGRADO-MAESTRIA EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO		
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PAG. 1/1
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2018

CODIFICACION DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO					
TIPO DE MANTENIMIENTO	CODIGO	TIPO DE TAREA	CODIGO	NIVEL DE TAREA	CODIGO
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MP	INSPECCION	I	PRIMER NIVEL	1
		LUBRICACION	L		
		AJUSTE	J	SEGUNDO NIVEL	2
MANTENIMIENTO PREDICTIVO	MD	REEMPLAZO	R		
		ANALISIS VIBRACIONAL	V	TERCER NIVEL	3
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	MC	CALIBRACION	C		
		PROTOCOLO ESPECIFICO	P		

CODIFICACION DE SISTEMAS - COMPONENTES Y PARTES					
SISTEMA	CODIGO	COMPONENTE	CODIGO	PARTE	CODIGO
SISTEMA ESTRUCTURAL	SE				
SISTEMA MOTRIZ	SM				
SISTEMA SUJECCION	SS				
SISTEMA HIDRAULICO	SH				
SISTEMA ELECTRICO	SL				
SISTEMA COMUNICACION	SC				

Ejemplo:	MP - J - 1 - xxxx - SE - yy - zz
	Mantenimiento Preventivo / ajuste / Primer Nivel / numero de operacion /
	Sistema Estructural / Componente / Parte (segun taxonomia)

Fuente: *Elaboración Propia*

4.7.2. HORAS DE MANTENIMIENTO EMPLEADAS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

El laboratorio, al considerar 52 semanas de un año con 5 días hábiles por semana y 10 horas por día define 2600 horas hábiles por año. Este valor puede reducirse por condiciones externas y feriados obligatorios.

Al hacer un análisis de tiempos propuestos para cada operación de mantenimiento propuestos se obtiene un total de 234.05 horas dedicadas al mantenimiento, en ausencia de fallas tendríamos una disponibilidad:

$$\frac{TT-(TF+TM)}{TT} = \frac{2600-122.02}{2600} = 0.953 \equiv 95\%$$

Si consideramos una disponibilidad más realista es la Disponibilidad Genérica:

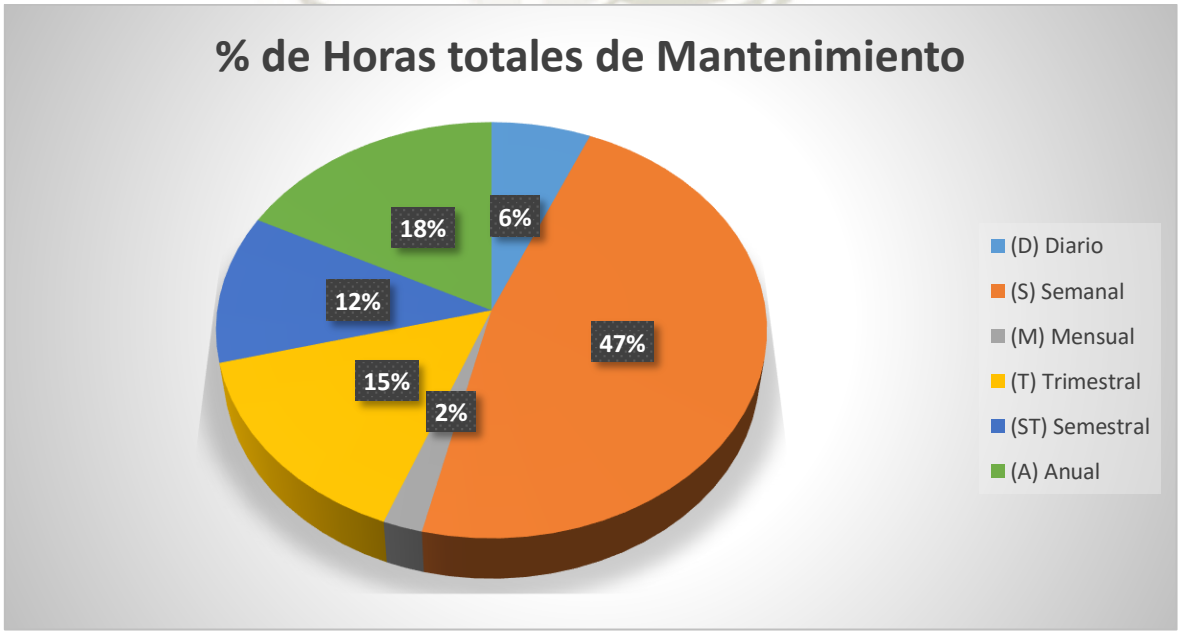
$$\frac{TT-(\sum PM+\sum DT)}{TT-\sum PM} = \frac{2600-112.02-\sum DT}{2600-112.02}$$

Donde 122.02 son las horas estimadas de mantenimiento preventivo y DT es la suma de los tiempos en que se considera fallado o que no funciona.

Si esperamos que los tiempos de correcciones y cambios programados sean las 10 horas estimadas, la disponibilidad alcanzaría el 99.6%

La Figura 90 muestra la proporción de horas diarias, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales propuestos para el mantenimiento de la maquina universal de ensayos.

Figura 90 HORAS DE MANTENIMIENTO POR LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN



Fuente: *Elaboración Propia*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

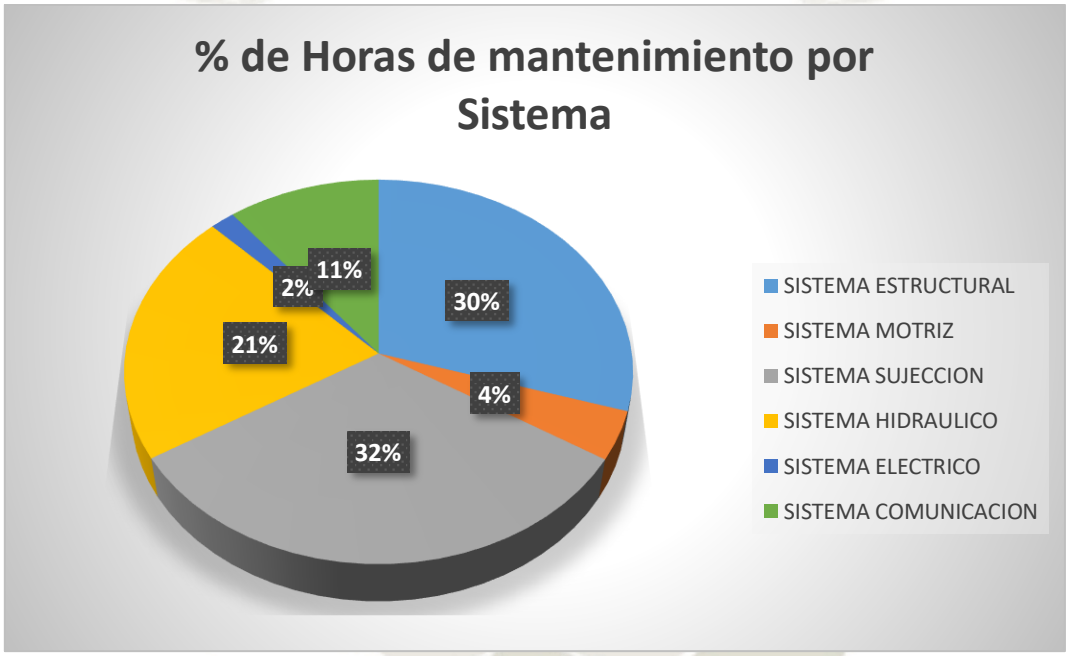
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El cuadro evidencia un gran trabajo semanal que es esencialmente de inspección.

El siguiente cuadro muestra las horas propuestas para mantenimiento por cada sistema de la máquina.

Figura 91 RELACIÓN PROPORCIONAL DE HORAS DE MANTENIMIENTO POR SISTEMA



Fuente: *Elaboración Propia*

Se evidencia que el tiempo de inspección y mantenimiento está centrado ampliamente en el sistema de sujeción, este sistema es el más importante para la integridad del equipo y los resultados del ensayo.

La siguiente tabla resume los tiempos sugeridos de mantenimiento en función del nivel de ejecución por cada sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 45 TIEMPOS PROPUESTOS POR NIVEL POR CADA SISTEMA

SISTEMA	HORAS DE MANTENIMIENTO					TOTAL
	Horas por tipo de mantenimiento		Horas por nivel de mantenimiento			
	MP (preventivo)	MD (predictivo)	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
SISTEMA ESTRUCTURAL	34.32	2	28.12	6.2	2	36.32
SISTEMA MOTRIZ	3	2	0	1.5	3.5	5
SISTEMA SUJECCION	39.5	0	38.8	0.7	0	39.5
SISTEMA HIDRAULICO	21.1	5	16.2	3.9	6	26.1
SISTEMA ELECTRICO	2.1	0	0.9	1.2	0	2.1
SISTEMA COMUNICACION	12	1	0	1.8	11.2	13
TOTAL	112.02	10	84.02	15.3	22.7	122.02

Fuente: *Elaboración Propia*

Además, se muestran las horas de mantenimiento preventivo y predictivo por cada sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

- **PRIMERA:** Aplicar el modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) permite generar procesos y documentos necesarios para homologar la aplicación de la norma ISO/IEC 17025.

  La Tabla 42 resume el detalle de las operaciones y documentación aplicada que se relaciona con la norma de calidad de laboratorios.
- **SEGUNDA:** La aplicación de la encuesta y su análisis de funcionamiento, percepción del estado y formas de trabajo permitió generar bases adecuadas para la aplicación del modelo RCM. La encuesta practicada por etapas está en el Anexo 1.

  Las condiciones estratégicas del LEM como la visión, misión, funciones y objetivos que se evidencian en las encuestas propuestas desde la 1 a la 21. Los resultados muestran un mediano conocimiento sobre los principios y objetivos del LEM y resaltan en importancia la planificación de las actividades académicas los procedimientos de los ensayos.
- **TERCERA:** El análisis de criticidad de los equipos más importantes del LEM define a la máquina de ensayos universal como la más crítica, confirmando el objetivo inicial de este estudio. Los resultados se evidencian en la matriz de criticidad del Anexo 2.
- **CUARTA:** El estado actual y el conocimiento de las funciones operativas de la máquina de ensayos universal EUT/C se evidenciaron en las preguntas 22 a la 61. Los resultados mostraron que la maquina tiene como función primaria ensayar una probeta en tracción o compresión, la segunda se relaciona con la precisión y la tercera son los resultados. Otros resultados evidencian una definición adecuada sobre las funciones secundarias y la influencia de cada una en el funcionamiento adecuado del equipo.

  La percepción de las fallas o funciones operativas de la maquina universal de ensayos incluyendo, el efecto y consecuencias sobre los objetivos y funciones del equipo y el laboratorio son evidenciados en las preguntas 62 al 103. Estos resultados fueron muy importantes para iniciar el análisis taxonómico, la definición de los sistemas del equipo y el análisis de fallas y consecuencias.

  Las preguntas 104 a la 111 se orientan a la percepción y predisposición a la aplicación del modelo RCM, cuyos resultados evidenciaron una buena disposición.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- **QUINTA:** El análisis de modo de fallas y efectos (AMEF) practicado al EUT/C permitió señalar los puntos más críticos, las consecuencias en el funcionamiento y los efectos sobre los objetivos del laboratorio. Las tablas 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 detallan las fallas totales y parciales del equipo y por sistema.
  Los resultados del AMEF se detallan en el Anexo 3.
- **SEXTA:** Los documentos propuestos en los anexos 4, 5, 6 y 7 permitirán generar información necesaria para determinar ratios importantes como la disponibilidad y la confiabilidad, por otro lado, en el acápite 4.6.2 se han propuesto tres ratios relacionados a la calibración con el desempeño global del equipo, El número de ensayos por calibración, la frecuencia anual de calibración y la frecuencia de calibración / disponibilidad.
- **SÉPTIMA:** Se ha propuesto un cronograma anual de mantenimiento en función del análisis realizado en este estudio. Este plan está basado en tres niveles según la complejidad, donde el personal de laboratorio podrá ejecutar al inicio del programa RCM el nivel uno y parcialmente el dos. Las figuras 89 y tabla 44 muestran las bases de la propuesta y el plan en su totalidad se muestra en el Anexo 8.
  El plan muestra que inicialmente será necesario invertir 122 horas anuales. La mayor cantidad de tiempo en operaciones son del nivel uno que básicamente se tratan de inspecciones (84 horas) esto es el 69% del tiempo total.
  El sistema de sujeción es el de mayor tiempo de mantenimiento, 39.5 horas (32.4% del total) los cuales son mayormente inspecciones (38.8 horas) esto se debe a que este sistema es el más sensible de provocar errores o fallas en las respuestas después de la calibración de las celdas de carga, las celdas de carga pueden calibrarse o finalmente ser reemplazadas pero la infraestructura define la capacidad de repetibilidad y confianza en los resultados.
  El sistema estructural es el segundo mayor tiempo, 36 horas (29.5% del total) en razón que este sistema también puede generar errores en los resultados y la pérdida de repetibilidad. El sistema estructural toma la mayor cantidad de tiempo de inspección.
  La Tabla 45 muestra que las operaciones en el nivel uno, que básicamente se tratan de inspecciones, son la mayor cantidad de tiempo (84 horas de las 122 horas de mantenimiento total propuestos) y representan el 68.8%.
- **OCTAVA:** Se ha propuesto documentación y procedimientos que permiten alinear requerimientos de la norma ISO/IEC 17025 relacionados a la calidad de las

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

operaciones del laboratorio y la trazabilidad del mantenimiento. La tabla 42, los documentos mencionados en el acápite 4.5.4 y las fichas de trabajo propuestas en los anexos 4, 5, 6 y 7 confirman la propuesta.

RECOMENDACIONES

- **PRIMERA:** Es necesario generar datos adecuados, ya que una falla inusual con un tiempo de parada muy largo debido a circunstancias ajenas al laboratorio no son datos regulares de mantenimiento, pero si constituyen razones para reconsiderar detalles en el AMEF
- **SEGUNDA:** Se debe aplicar este modelo de mantenimiento a dos equipos nuevos cada año hasta alcanzar una buena plataforma de mantenimiento.
- **TERCERA:** Se recomienda el uso de conceptos de TPM ya que puede mejorar la actitud del personal estable. Esto puede tener dificultades ya que este personal estable es mínimo y no se puede definir cualidades muy altas si el personal dedicado a las actividades del laboratorio no pasa del año.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ariza Rincon, A. J. (2008). *Aplicación de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) a Equipos de Minería a cielo abierto tomando como piloto la Flota de Taladros de Voladura* [UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER]. http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/17620/1/125498.pdf

Chaparro, J. A. (2012). *Universidad nacional de ingeniería facultad de ingeniería civil*. http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1361

Garcia, C. (2014). *Propuesta de un Sistema de Gestión de Mantenimiento de una Clínica particular en la ciudad de Lima*. Pontificia Universidad Catolica del Peru.

Gardella, M. (2007). *Mejora De Metodología Rcm a Partir Del Amfec E Implantación De Mantenimiento Preventivo Y Predictivo En Plantas De Procesos*. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9686/tesisUPV3387.pdf

ISO/IEC, I. S. O. (2005). ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. In *International Standard* (Vol. 2005). https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2015.7106438

ISO. (2004). *ISO 14224:2016 Petroleum, petroquimical and natural gas industries - Collection and exchanges of reliability and maintenance data for equipment*. https://www.iso.org/standard/64076.html

ISO 14224:2006, I. S. (2006). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries-Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel-Recueil et échange de données de fiabilité et de maintenance des équip*. *2006*.

Martínez, L. A. (2014). Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional. *Tesis*, 92. http://www.bdigital.unal.edu.co

Moubray, J. (2012). *Moubray's Reliability Centered Maintenance 3E*. Industrial Press, Incorporated. https://books.google.com.pe/books?id=WuafpwAACAAJ

NASA. (2000). *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE GUIDE FOR FACILITIES AND COLLATERAL EQUIPMENT* (Vol. 1, Issue 1). https://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/Assets/Docs/RCMGuideMar2000.pdf

Norma ISOC. (2017). ISO/IEC-17025:2017 Requisitos Generales Para La Competencia De Los Laboratorios De Ensayo Y Calibración. In *Iso* (Issue Lima 27).

Ortiz Berrocal, L. (2007). *Resistencia de Materiales* (McGrawHill (ed.); 3ra Edicio, Vol. 1, Issue 3). http://publicaciones.unirioja.es

ROJAS, R. (2010). *Plan para la Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para plantas de concreto en proyectos del ICE*. *21*, 427–441. http://www.uci.ac.cr/Biblioteca/Tesis/PFGMAP766.pdf

Romero, R. (n.d.). *Propuesta de mejora del plan de Mantenimiento basado en el RCM en la linea de Extrusión 1*. Retrieved January 15, 2020, from http://hdl.handle.net/10757/336943

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

SAE-JA 1011. (n.d.). *SAE-JA1011 (2020): Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes - SAE International*. Retrieved March 11, 2020, from https://www.sae.org/standards/content/ja1011_200908/

SAE. (n.d.). *JA1012A: 2011 A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (Rcm) Standard - SAE International*. Retrieved March 16, 2020, from https://www.sae.org/standards/content/ja1012_201108/

Vásquez Oyarzún, D. (2008). *Aplicación Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Rcm En Motores Detroit 16V-149Ti En Codelco División Andina* [Universidad Austral de Chile]. http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfciv335a/sources/bmfciv335a.pdf

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 1

CUESTIONARIO RCM APLICADO AL PERSONAL DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRIA EN INGENIERÍA DE MANTENINMIENTO		
	TESIS :	APLICACION DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PAG.1
	ELABORADO POR:	ING. JORGE CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2018

ENCUESTAS SOBRE PERCEPCION DE LAS ACTIVIDADES EN EL LEM

	ACERCA DE LOS PRINCIPIOS DE LEM	SI	NO
1	¿Tiene Misión?		
2	¿Conoce la Misión?		
3	¿Difunde la Misión?		
4	¿Tienen Visión?		
5	¿Conoce la Visión?		
6	¿Difunde la Visión?		
7	¿Tiene objetivos declarados en un documento?		

	ACERCA DE LOS OBJETIVOS DE LEM	PUNTAJE
8	En su opinión, priorice los siguientes objetivos del LEM. Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos prioritario y 5 es el más prioritario:	1 - 5
8.1	Brindar practicas adecuadas a los alumnos de EPIMMEM	
8.2	Brindar ensayos para investigación	
8.3	Brindar servicios a empresas o instituciones	
8.4	Acreditar los trabajos realizados	
8.5	Desarrollar innovación	

9	En su opinión, ¿Cuáles objetivos se cumplen?. Califique de 1 a 5 en orden de importancia, donde 1 es menos prioritario y 5 es el más prioritario:	1 - 5
9.1	Brindar practicas adecuadas a los alumnos de EPIMMEM	
9.2	Brindar ensayos para investigación.	
9.3	Brindar servicios a empresas o instituciones.	
9.4	Acreditar los trabajos realizados.	
9.5	Desarrollar innovación.	

ACERCA DE LA ESTRATEGIA FUNCIONAL DE LEM	SI	NO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

10	¿El LEM tiene estrategia de funciones?		
11	¿Los conoce?		
12	¿Existe un manual de funciones?		
13	¿Lo conoce?		
14	¿Se difunde o se publica?		
15	¿El LEM tiene estrategia organizacional?		
16	¿La conoce?		
17	¿Se difunde o se publica?		

ACERCA DE LA ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE LEM		**SI**	**NO**
18	¿El LEM tiene una organización definida?		
19	¿La conoce?		
20	¿El personal es adecuado para cada función?		
21	En su opinión, ¿cuál de las funciones es más importante? Califique de 1 a 5 en orden de importancia donde 1 es menos importante y 5 es el más importante:	**PUNTAJE 1 -5**	
21.1	Coordinar planes y objetivos de desarrollo		
21.2	Planear y realizar actividades académicas		
21.3	Planear y realizar actividades de servicios		
21.4	Planificar operaciones de mantenimiento		
21.5	Planificar operaciones de procedimientos de ensayos		
21.6	Realizar operaciones de mantenimiento		
21.7	Realizar operaciones de ensayos homologados		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

EN RELACIÓN A LA FUNCIÓN PRINCIPAL	
22	¿Cuál es la función básica de un equipo de ensayo tracción compresión anote la relación de prioridad?
	A
	B
	C

EN RELACIÓN DEL AMBIENTE		SI	NO
23	¿El ambiente en el que se encuentra le permite realizar estas funciones descritas en A, B y C?		
	A		
	B		
	C		
24	¿Qué otras condiciones consideran que influye en el correcto desempeño de la máquina de Tracción/Compresión?		
	Si hay otros: (detallar) / Ninguno		

EN RELACIÓN A LA SEGURIDAD		SI	NO
25	¿La máquina cuenta con un protocolo de seguridad?		
26	¿Está escrito?		
27	¿La máquina cuenta con protección eléctrica sobre el personal o de operación?		
28	¿La máquina cuenta con una parada de emergencia por posible daño al operador?		
29	¿Existe protección sobre operaciones de montaje y desmontaje de probetas?		
30	¿Existe protección de los operadores en el momento de la prueba?		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA MAQUINA T/C		SI	NO
31	¿La máquina ensaya probetas y materiales que son propuestos en su catálogo de fábrica?		
32	¿Conoce sus límites?		

EN RELACIÓN AL MANEJO, SENSIBILIDAD Y CONFORT DE OPERACIÓN		SI	NO
33	¿Es fácil colocar una probeta?		
34	¿Considera que es seguro?		
35	¿La máquina concede una fácil lectura de resultados?		
36	¿El espacio para operar es el adecuado?		
37	¿La iluminación es la adecuada?		
38	¿El ruido es permisible?		
39	¿Conoce el límite de ruido permisible?		
40	¿La ventilación es adecuada?		
41	¿El nivel de suciedad es adecuado?		
42	¿Cuenta con los servicios necesarios (agua, energía, etc.)?		
43	Pregunta Abierta: ¿Conserva algún efecto que influya negativamente en el manejo, facilidad y confort de la maquina?. Detalle:		

EN RELACIÓN DE CONTROL DEL PROCESO Y CONTENCIÓN		SI	NO
44	¿Existe un manual de operación de la maquina?		
45	¿Está escrito y al alcance del usuario?		
46	¿El espacio de operación esta físicamente delimitado?		
47	¿Existe un protocolo para posibles pérdidas de fluidos de la maquina?		
48	¿Está Escrito?		
49	¿Existe un protocolo para posibles pérdidas de energía de la maquina (calor, electricidad, ruido, etc.)?		
50	¿Está Escrito?		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

EN RELACIÓN A LA APARIENCIA		SI	NO
51	¿Considera que la maquina tiene una buena presentación?		
52	¿Considera que la maquina tiene buenos acabados?		
53	¿Considera que estos temas son importantes?		

EN RELACIÓN A LAS FUNCIONES DE PROTECCIÓN		SI	NO
54	¿La máquina cuenta con sistemas de parada de emergencia?		
55	¿La máquina cuenta con sistema de protección frente al mal funcionamiento eléctrico ?		
56	¿La máquina cuenta con sistema de protección frente al mal funcionamiento mecánico?		
57	¿La máquina cuenta con un mecanismo o sistema de protección de integridad estructural?		

EN RELACIÓN A LA ECONOMÍA Y EFICIENCIA DE LA MAQUINA		SI	NO
58	¿La máquina cuenta con un sistema o lectura de los desajustes de elementos estructurales que afecten su desempeño?		
59	¿Se cuenta con una estructura de costos de operación o pérdidas financieras por mal funcionamiento?		

EN RELACIÓN A FUNCIONES SUPERFLUAS		SI	NO
60	¿Considera que la maquina tiene alguna función que no se usa o está por habilitar?		
61	Describa esta función		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

FALLAS FUNCIONALES E IDENTIFICACION DE CAUSAS DE FALLOS

FALLAS FUNCIONALES ASOCIADAS A CADA FUNCIÓN		SI	NO
62	¿La máquina de T/C ha presentado fallos funcionales primarias?		
63	¿Se hizo un análisis sobre cuál fue la razón de estos fallos?		
64	¿La máquina de T/C ha presentado fallos funcionales secundarias?		
65	¿Se hizo un análisis sobre cuál fue la razón de estos fallos?		
66	¿La máquina de T/C evidencia estar en estado de falla parcial (opera pero a menos de su capacidad nominal)?		
67	¿Se logró especificar que ocasiono esta falla parcial?		
68	¿Alguna vez estuvo en condición de falla total (totalmente detenido)?		
69	¿Se logró especificar que ocasiono esta falla total?		
70	¿La máquina T/C en estado nominal, trabajó hasta los límites especificados?		
71	¿Cumplen las condiciones de calidad esperados?		
72	¿Considera que la calibración tiene un efecto sobre la función primaria?		
73	¿Considera que la calibración tiene un efecto sobre las funciones secundarias?		
74	¿La máquina de T/C tiene indicadores y medidas o limites asociados a los fallos funcionales que indiquen condiciones que afecten la calibración del equipo?		

IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE FALLOS		SI	NO
75	¿Se cuenta con un sistema de registro de fallas?		
76	¿Se cuenta con un sistema de registro de causas de fallas?		
77	¿Existe un plan de mantenimiento que contemple tareas de inspección y acciones para prevenir el deterioro de componentes que causan fallas funcionales?		
78	¿Existe un plan de calibración y ajustes del equipo?		
79	Pregunta Abierta: Ordene en orden de importancia (1 al 5) cuál de los siguientes modos de fallas tiende a afectar la función primaria de la maquina T/C.		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

a)	Falla en la lubricación		
b)	Falla por efecto del polvo y la suciedad		
c)	Falla por efecto del suministro defectuoso de energía, electricidad y otros		
d)	Falla por procedimientos de montaje y desmontaje		
e)	Falla por procedimientos en la operación		
80	¿Existe un plan de entrenamiento para operadores y supervisores en relación a la maquina T/C?		
81	¿Existe un registro documentos de los fallos más frecuentes?		
82	¿Existe un registro que evidencie el análisis de detalle de la causa de fallos?		

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRIA EN INGENIERÍA DE MANTENINMIENTO		
	TESIS :	APLICACION DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PAG.5
	ELABORADO POR	ING. JORGE CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2018

EFECTO - CONSECUENCIA Y PREVENCION DE LOS FALLOS

EFECTO DE LAS FALLAS		SI	NO
83	**EVIDENCIA DE FALLOS, ALARMAS**		
83.1	¿Existen mecanismos que evidencian una alarma de falla o perdida de alguna función (alarmas, luces, ruido, etc.)?		
83.2	¿Existe registro detallado de estas evidencias?		
83.3	¿Existe registro escrito de las consecuencia de estas fallas?		
84	**AMENAZAS SOBRE LA SEGURIDAD Y EL AMBIENTE**		
84.1	¿Existe algún manual o registro de políticas de seguridad y efecto sobre el ambiente en relación de la maquina T/C?		
84.2	¿Existe algún manual sobre acciones de auxilio y posibles lesiones personales en el trabajo sobre la maquina T/C?		
85	**EFECTO EN LA PRODUCCIÓN O SERVICIO POR LA PARADA**		
	Ante una falla funcional principal o secundaria cuales son los efectos que se han producido.		
85.1	Tiempo fuera de servicio		
85.2	Rendimiento		
85.3	Calidad (Precisión)		
85.4	Efecto sobre otros equipos o servicios		
85.5	Costos		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

86	**PREGUNTA ABIERTA.** **Enumere los sucesos o incidentes más importantes y sus consecuencias en el último año 2016-2017**		
	ACTO	**COSTO**	
	EFECTOS SECUNDARIOS	**SI**	**NO**
87	¿Considera que una falla funcional de la maquina T/C genera un posible fallo o daño en otros componentes?		
88	**ACCIONES CORRECTIVAS**		
88.1	¿Se tomaron acciones sobre las fallas?		
88.2	¿Se analizó los costos directos e indirectos?		
88.3	¿Se hizo evaluación sobre el resultado de las acciones correctivas?		

CONSECUENCIAS DE LOS FALLOS		**SI**	**NO**
89	¿Ha observado incidentes en consecuencias de falla evidentes?		
90	¿Estas actividades han tenido efecto sobre las actividades propias y/o los servicios?		
91	¿El efecto económico lo considera grave o no?		

PREVENCIÓN DE FALLOS		**SI**	**NO**
92	¿Ha habido alguna acción proactiva para evitar que ocurra alguna falla?		
93	¿Está definida o reglamentada esta acción?		
94	¿Conoce el concepto de funciones ocultas?		
95	Si las conoce. Se ha tomado alguna medida para evitar una falla y sus consecuencias		
96	¿Se ha considerado la posibilidad del rediseño en el equipo?		
97	¿Cree usted que las fallas ocurridas son por la edad del activo ?		
98	¿Conoce la vida útil del activo?		
	PREGUNTAS ABIERTAS		
99	Que acciones se han propuesto para la prevención y predicción de fallas		
100	Es posible un rediseño y en qué contexto es aplicable		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRIA EN INGENIERÍA DE MANTENINMIENTO		
	TESIS :	APLICACION DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PAG.6
	ELABORADO POR	ING. JORGE CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2018

ACCIONES PREDETERMINADAS E IMPLEMENTACION

ACCIONES PREDETERMINADAS		SI	NO
	PREGUNTA ABIERTA		
101	¿Qué acciones se han planificado en la búsqueda de posibles fallos y su prevención ?		
102	¿Conoce el concepto de disponibilidad?		
103	¿Conocen y tienen documentados la tasa de fallos del equipo?		

IMPLEMENTACIÓN		SI	NO
104	¿Existe un plan estratégico en el LEM?		
105	¿Está definido o escrito?		
106	¿Al laboratorio constituye una prioridad aplicar un modelo de calidad?		
107	¿Conoce la norma ISO/IEC 17025?		
108	¿Cree que es objetivo importante aplicar esta norma?		
109	¿Conoce algún modelo de gestión del mantenimiento en procesos y equipos de laboratorios de materiales?		
110	¿Conoce el modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad?		
111	¿Considera importante aplicar un modelo como el mencionado para mejorar las condiciones de operación y resultados del LEM?		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 2

MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRIA EN INGENIERÍA DE MANTENINMIENTO

TESIS: APLICACION DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM — PAG.1

ELABORADO P ING. JORGE CASTRO VALDIVIA — AÑO: 2017

MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

ITEM	AREA	CODIGO	EQUIPO	SECCION	MARCA	MODELO / SERIE	AÑOS DE SERVICIO	HORAS DE SERVICIO ANUALES (HORAS/AÑO)	FACTORES: FRECUENCIA DE FALLAS	LINEA DE SERVICIO	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	IMPACTO OPERACIONAL	COSTO DE NO USO DEL EQUIPO	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD Y/O AMBIENTE	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	MATRIZ
1	LEM	LEM2-01-TC01	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYO	MAQUINAS T/C	Time Group INC.	WDW300E	7 años	1600	3	5	5	10	3	4	5	3	135	405	AC
2		LEM1-01-TC02	MAQUINA DE ENSAYO TRACCION / COMPRESION		Liyi-Tech	131202	4 años	400	3	3	5	10	1	4	3	3	69	207	MC
5	LEM	LEM1-03-TN01	MAQUINA DE ENSAYO DE IMPACTO	MAQUINAS T/N	Time Group INC.	JB-W300A	1 año	400	3	5	5	10	3	2	5	3	125	375	AC
9	LEM	LEM1-04-ED01	DUROMETRO ANALOGICO	MAQUINAS M/D	Time Group INC.	HBRVU-187.5	7 años	1600	4	5	3	3	1	2	1	4	50	200	MC
10		LEM1-04-ED02	DUROMETRO ANALOGICO		Time Group INC.	HBRVU-187.5	7 años	1600	4	5	3	3	1	2	1	4	50	200	MC
11		LEM1-04-ED03	DUROMETRO DIGITAL		Time Group INC.	HRS -150	7 años	800	4	5	3	3	1	2	1	4	50	200	MC
12		LEM1-04-ED04	DUROMETRO DIGITAL		Time Group INC.	HRS -150	7 años	800	4	5	3	3	1	2	1	4	50	200	MC
15	LEM	LEM1-05-MS01	MICROSCOPIO METALOGRAFICO	MICROSCOPIOS	Time Group INC.	DX70A	7 años	400	2	3	5	3	1	4	1	2	42	84	NC
16		LEM1-05-MS02	MICROSCOPIO METALOGRAFICO INVERTIDO		Time Group INC.	DX40TV	6 años	400	2	3	5	3	1	4	1	2	42	84	NC
17		LEM1-05-MS03	MICROSCOPIO METALOGRAFICO INVERTIDO		Time Group INC.	DX40TV	6 años	400	2	3	5	3	1	4	1	2	42	84	NC
18		LEM1-05-MS04	MICROSCOPIO METALOGRAFICO INVERTIDO		Time Group INC.	DX40TV	6 años	400	2	3	5	3	1	4	1	2	42	84	NC
19		LEM1-05-MS05	MICROSCOPIO METALOGRAFICO INVERTIDO		Time Group INC.	DX40TV	6 años	400	2	3	5	3	1	4	1	2	42	84	NC
20		LEM1-05-MS06	MICROSCOPIO METALOGRAFICO INVERTIDO		CDIC	XJP – 6A	8 años	400	2	3	5	3	1	4	1	2	42	84	NC
21	LEM	LEM1-06-CC01	MAQUINA CORTADORA DE MUESTRAS	CORTADORAS	Time Group INC.	Q – 2A	6 años	1600	1	5	1	7	1	2	5	1	80	80	NC
18		LEM1-06-CC02	MAQUINA DE CORTE RO-TAP		Tyler	RX-29-16	4 años	400	2	3	3	7	1	2	5	2	54	108	NC
22	LEM	LEM1-07-HH01	HORNO ELECTRICO	HORNOS	Nabertherm	L-090S3SN	4 años	800	2	5	1	10	1	2	5	2	95	190	MC
23		LEM1-07-HH02	HORNO ELECTRICO		THERMOLYNE SCIENTIFIC	F 48020-33	5 años	400	2	5	1	10	1	2	5	2	95	190	MC
24	LEM	LEM1-08-EP01	PULIDORA	EQUIPOS DE PREPARACION	S/M	S/M	5 años	400	2	3	1	7	1	2	3	2	42	84	NC
25		LEM1-08-EP02	PULIDORA ELECTROLITICA		Bejing TIME High Technology LTD.	TDPF -1	4 años	400	1	3	3	7	1	2	3	1	48	48	NC
26		LEM1-08-EP03	MAQUINA ABRASIVA DE BANDA		Bejing TIME High Technology LTD.	TMY-1	4 años	400	1	3	1	7	1	2	5	1	48	48	NC
27		LEM1-08-EP04	MAQUINA DE DESBASTE Y PULIDORA		Bejing TIME High Technology LTD.	TMP-1A	4 años	400	2	3	1	7	1	2	5	2	48	96	NC
28	LEM	LEM1-09-US01	EQUIPOS DE ULTRASONIDO	EQUIPOS ELECTROMAGNETICOS Y DE ULTRASONIDO	Karl Deutsch	1090.301	4 años	200	1	5	5	3	3	4	1	1	80	80	NC
29		LEM1-09-US02	EQUIPOS DE ULTRASONIDO		Beijin TIME High Tecnology Ltd.	TUD310	5 años	400	1	1	5	3	1	4	1	1	14	14	NC
30		LEM1-09-UC01	OSCILOSCOPIO			131202	5 AÑOS	480	1	1	5	3	1	4	1	1	14	14	NC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ubicación	
LEM1	Laboratorio R-304
LEM2	Laboratorio R-103
Área	
01	Ensayos de tracción / compresión
02	Ensayos de Impacto Ligero
03	Ensayos de Impacto Universal
04	Ensayos de Dureza
05	Ensayos de Microscopia
06	Area de corte
07	Procesos Termicos
08	Preparacion de Material
09	Analisis No Destructivo
Tipo de Maquina	
TC	Máquinas de tracción / compresión
TN	Máquina de Ensayo de Impacto Universal
ED	Durometro
MS	Microscopio
CC	Cortadora
HH	Horno
EP	Equipo de Preparacion mecanico
US	Equipo de Ultrasonido
UC	Osciloscopio
Numero (Equipo)	Numeración especifica que determina un equipo único

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

ANEXO 3

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA POR SISTEMA

I. ANÁLISIS DE MODO DE FALLA TOTAL

EPG	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA						
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO						
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM					PÁG..
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA					AÑO: 2017
Equipo	MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN			Responsable:			
Falla funcional	Modo de Fallo			Causalidad	Causa Raíz	Error humano	Efecto de Falla
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	
Ensayar una probeta por tracción o compresión hasta una máxima fuerza de 300 KN y una elongación de 600 mm Con el fin determinar su curva de resistencia vs elongación	Celdas de carga descalibradas	n/a	n/a	Variacion del transductor de craga	Estado del transductor	Mantenimiento inadecuado	Maquina descalibrada
				Variacion de estado estructural	Falta de mantenimiento	Mantenimiento inadecuado	Maquina descalibrada

II. ANÁLISIS DE MODO DE FALLA DE LA ESTRUCTURA

PG.	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO	
TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PÁG..
ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2017
Equipo	MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN	Responsable:
Sistema	ESTRUCTURAL	

FUNCIÓN		Falla funcional		Modo de Fallo				Causalidad	Causa Raíz	Error humano	Efecto de Falla
		Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	
1	Sostener rígidamente todos los componentes en un ensayo de tracción o compresión hasta 300 Kn	A	No sostiene rígidamente todos los componentes de un ensayo de tracción o compresión hasta una fuerza de 300 KN	1	Travesaño superior desnivelado	Travesaño deformado	NA	travesaño arqueado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
						Pernos de sujeción dañado	NA	Pernos con juego	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
				2	Travesaño medio desnivelado	Travesaño deformado	NA	travesaño arqueado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
						Pin-pasador con juego	NA	Pin-pasador dañado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Posible error en resultado de ensayo
						cabezal de husillo con juego	NA	cabezal de husillo degastado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
				3	Columnas desniveladas	Perfiles de soporte deformado	NA	Perfiles arqueados	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
						Cubiertas de aluminio con daños	NA	placas dobladas o perforadas	mala maniobra o accidente en el	No tomar previsiones	Compromiso sobre otros elementos
						Forros acordeón interior roto	NA	forros doblados o perforados	mala maniobra o accidente en el	No tomar previsiones	Compromiso sobre otros elementos
				4	Falla del banco de Trabajo	Soporte de husillo con juego	NA	Soporte de husillo degastado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Error en resultado de ensayo
						Pin-pasador con juego	NA	pin pasador dañado	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Posible error en resultado de ensayo
						Falla de soporte de engranaje A	NA	desgaste del soporte	Desgaste normal	Inspección inadecuada	Posible error en resultado de ensayo
						Falla del soporte de engranaje B	NA	desgaste del soporte	Desgaste normal	Inspección inadecuada	Posible error en resultado de ensayo
				5	Falla del husillo de bolas	Husillo fracturado	NA	Fractura del eje - husillo	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
						Husillo desgastado	NA	Espiras dañadas o fatigadas	Desgaste normal	Inspección inadecuada	Parada de equipo
							NA		Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
						Falla de caja de rodamientos	NA	Perdida de lubricación adecuada	Falta de lubricación	Inspección inadecuada	Parada de equipo
						Falla de soportes extremos	NA	Perdida de lubricación adecuada	Falta de lubricación	Inspección inadecuada	Parada de equipo
2	Asegurar la integridad del lugar ante posibles fallas	A	La operación no es segura	1	Falla en la integridad estructural	Elementos sueltos o mal sujetados	NA	Perdida de seguridad en la operación	Falta de mantenimiento	Inspección inadecuada	Parada de equipo
						Elementos fracturados	NA	Perdida de seguridad en la operación	Falta de mantenimiento	Inspección inadecuada	Parada de equipo
						Elementos faltantes	NA	Perdida de seguridad en la operación	Falta de mantenimiento	Inspección inadecuada	Parada de equipo
3	Prevenir daños sobre elementos móviles de precisión (tornillos, equipos motrices , etc.)	A	Estructura y conjuntos móviles desprotegidos	1	Paneles descolocados	Pernos rotos o descolocados	NA	Exceso de carga	Exceso de presión o mala colocación	Admitir exceso de carga	Posible error en resultado de ensayo
				2	Paneles rotos	Paneles y sujetadores rotos	NA	Exceso de carga	Exceso de presión o mala colocación	Admitir exceso de carga	Posible error en resultado de ensayo
				3	Elementos corroídos	Partes corroídas	NA	Desprotección a la corrosión	Falta de mantenimiento	Inspección inadecuada	Compromiso sobre otros elementos
				4	Correderas abiertas	Correderas descolocadas en sus extremos	NA	pernos flojos	Mala instalación	Inspección inadecuada	Posible error en resultado de ensayo
							NA	NA	Accidente de operación	Inspección inadecuada	Posible error en resultado de ensayo
						Correderas rotas	NA	Atasco en el deslizamiento	Movimiento inadecuado	Inspección inadecuada	Posible error en resultado de ensayo
4	Mostrar apariencia, color y estado superficial adecuados en el equipo	A	La apariencia y los acabados no son adecuados	1	Rasgados	superficiales dañados	NA	Rayado en las superficies	Operaciones inadecuadas	No tomar previsiones	Apariencia deteriorada
				2	Superficies corroídas	Metal corroído	NA	Medio ambiente inadecuado	Falta de mantenimiento	Inspección inadecuada	Apariencia deteriorada
				3	segmentos doblados	Hendiduras en las superficies	NA	Golpes en las superficies	Operaciones inadecuadas	No tomar previsiones	Apariencia deteriorada

III. ANÁLISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA MOTRIZ

EPG	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA												
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO												
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM											PÁG..
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA											AÑO: 2017
	Equipo	MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN							Responsable:				
	Sistema	MOTRIZ											
FUNCIÓN		Falla funcional		Modo de Fallo					Causalidad	Causa Raíz	Error humano	Efecto de Falla	
		Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	Nivel 4		Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7		
1	Transmitir movimiento al sistema	A	El sistema motriz no transmite movimiento	1	Falla de engranajes de transmisión	Ruptura de dientes de engranaje A	NA		ruptura por sobrecarga	Exceso de carga	Mala operación	Parada de equipo	
							NA		Falla por fatiga	proceso elevado de fatiga	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
							NA		Falla por corrosión	Piezas sin protección	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
						Falla de chumaceras de engranaje A	NA		Falla de rodamientos	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
						Ruptura de dientes de engranaje B	NA		ruptura por sobrecarga	Exceso de carga	Mala operación	Parada de equipo	
							NA		Falla por fatiga	Proceso elevado de fatiga	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
							NA		Falla por corrosión	Piezas sin protección	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
						Falla de chumaceras de engranaje B	NA		Falla de rodamientos	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
				2	Falla de faja de transmisión sincronizada	Ruptura de la faja sincronizadora	NA		Exceso de uso	Tiempo de uso excesivo	Inspección inadecuada	Parada de equipo	
							NA		ruptura por sobrecarga	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Parada de equipo	
						Dientes Rotos de faja sincronizadora	NA		Exceso de uso	Tiempo de uso excesivo	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
							NA		ruptura por sobrecarga	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Parada de equipo	
		B	El sistema motriz se mueve con dificultad	1	Sobrecalentamiento	Incremento de temperatura	Baja ventilación		ventilación obstruida	Exceso de polvo	Mantenimiento inadecuado	Compromiso de otros elementos	
							Arranque consecutivos		Contactos defectuosos	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Compromiso de otros elementos	
						tensión o frecuencia no estándar	Falla del variador		Variador deteriorado	Exceso de carga	Mala operación	Compromiso de otros elementos	
							Conexiones inadecuadas		Conexiones aflojadas	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Compromiso de otros elementos	
						Falla de rotor	Rotor arrastrando		rodamiento con defecto	Exceso de carga	Mantenimiento inadecuado	Compromiso de otros elementos	
							Sobre cargas		atasco o trabamiento	Exceso de carga	Mala operación	Compromiso de otros elementos	
				2	Bajo torque	Rotor fallado	Rotor descentrado		vibración excesiva del rotor	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Compromiso de otros elementos	
						Tensión debajo de la nominal	Frecuencia debajo de lo nominal		Variador deteriorado	Falla de circuito controlador del variador	Inspección inadecuada	Compromiso de otros elementos	
							Frecuencia arriba de la nominal		Variador deteriorado	Falla de circuito controlador del variador	Inspección inadecuada	Compromiso de otros elementos	
				3	Sobre carga	Tensión de correas	Fajas inadecuada		Mat. Material de cambio	Mala selección	Mantenimiento inadecuado	Compromiso de otros elementos	
						Sobrecarga	Falla de Elemento de transmisión		Falla de eje de bomba	Exceso de carga	Mala operación	Parada de equipo	
									Atasco en lóbulos de bomba	Exceso de carga	Mala operación	Parada de equipo	
							Rotor arrastrando en el estator		Rodamientos deteriorados	Exceso de carga	Mala operación	Parada de equipo	
									Asiento de rodajes desalineado	Exceso de carga	Mala operación	Parada de equipo	
									Superficie magnetizada	Piezas sin protección	Inspección inadecuada	Parada de equipo	
				4	Falta de aislamiento	Bajo aislamiento de estator	Presencia de humedad		Presencia de polvo	Piezas sin protección	Inspección inadecuada	Compromiso de otros elementos	
							Rozamiento de bobina carcasa		Cables cortados	Piezas sin protección	Inspección inadecuada	Compromiso de otros elementos	
2	Controlar ruidos y vibraciones	A	El sistema motriz genera mucho ruido	1	Ruido inusual	Desbalanceo	Rotor fuera de centro		Flexión de eje	Exceso de carga	Mala operación	Parada de equipo	
									Desgaste asiento de rodamiento	Exceso de carga	Mala operación	Parada de equipo	
									Cuerpos extraños en entre hierro	Piezas sin protección	Inspección inadecuada	Parada de equipo	
		B	El sistema motriz vibra demasiado	1	Vibración inusual	Alineación incorrecta	Rodamientos gastados		Desalineamiento de acoplamiento	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
						Desbalanceo en la tensión de la red	Presencia de armónico		presencia de armónico	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
							Presencia de flicker		presencia de flicker	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
						Rotor fallado	Rotor desbalanceado		descansos con juego	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo	
3	Ofrecer un sistema cerrado y protegido	A	Estructura motriz desprotegida	1	Fundas descolocados	Pernos rotos o descolocados	NA		Exceso de carga	Exceso de presión o mala colocación	Mantenimiento inadecuado	Compromiso de otros elementos	
				2	Fundas rotas	Paneles y sujetadores rotos	NA		Exceso de carga	Exceso de presión o mala colocación	Mantenimiento inadecuado	Compromiso de otros elementos	
4	Transmitir movimiento seguro	A	El movimiento no es seguro	1	Falta de aislamiento	Bajo aislamiento de estator	Presencia de humedad		presencia de polvo	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Compromiso de otros elementos	
							Rozamiento de bobina carcasa		cables cortados	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Compromiso de otros elementos	

IV. ANÁLISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA DE SUJECIÓN

EPG	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO		
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PÁG..
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2017
Equipo	MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN	Responsable:	
Sistema	SUJECIÓN		

FUNCIÓN		Falla funcional		Modo de Fallo				Causalidad	Causa Raíz	Error humano	Efecto de Falla
		Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	
1	Sujetar la probeta en forma segura durante el ensayo	A	Falla del Sistema de Sujeción	1	Falla Mordaza Superior	Falla quijadas (pinzas)	No sujeta la probeta	Falta presión	Mordaza ajustada incorrectamente	Mala operación	Parada de equipo
									Malos montajes de probetas	Mala operación	Parada de equipo
								Falta presión sobre probeta	Pinzas ajustadas incorrectamente	Mala operación	Parada de equipo
									Limitador de presión defectuoso	Inspección inadecuada	Parada de equipo
							Deslizamiento de la probeta	Perdida de gripp	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
									Mal material	Inspección inadecuada	Parada de equipo
								Derrame de aceite	Fugas de aceite de las mordazas	Inspección inadecuada	Parada de equipo
								Mal montaje	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
							Fractura de Pinzas	Exceso de carga	Limitador de presión defectuoso	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
									Mal material	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
								Mal Montaje	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
							Genera ruidos	Objeto extraño en sistema	Error montaje	Mala operación	Parada de equipo
								Mal montaje	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
									Corrosión	Inspección inadecuada	Parada de equipo
						Fallan resortes de retorno	Pinzas no regresan	Resortes rendidos	Mal material	Inspección inadecuada	Parada de equipo
								Resorte se desengancha	Mal montaje	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
						Falla tuerca de bloqueo	Tuerca de bloqueo no ajusta	Junta montada incorrectamente	Error montaje	Mala operación	Parada de equipo
								Junta erosionada	Desgaste prematuro	Inspección inadecuada	Parada de equipo
							Tuerca de bloqueo fracturada	Junta montada incorrectamente	Error montaje	Mala operación	Parada de equipo
								Impacto no deseado	Golpe externo	Mala operación	Parada de equipo
				2	Falla Mordaza Móvil	Falla quijadas (pinzas)	No sujeta la probeta	Falta presión	Mordaza ajustada incorrectamente	Mala operación	Parada de equipo
									Malos montajes de probetas	Mala operación	Parada de equipo
								Falta presión sobre probeta	Pinzas ajustadas incorrectamente	Mala operación	Parada de equipo
									Limitador de presión defectuoso	Inspección inadecuada	Parada de equipo
							Deslizamiento de la probeta	Perdida de gripp	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
									Mal material	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
								Derrame de aceite	Fugas de aceite de las mordazas	Inspección inadecuada	Parada de equipo
								Mal montaje	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
							Fractura de Pinzas	Exceso de carga	Limitador de presión defectuoso	Inspección inadecuada	Parada de equipo
									Mal material	Inspección inadecuada	Parada de equipo
								Mal Montaje	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
							Genera ruidos	Objeto extraño en sistema	Rozamiento	Inspección inadecuada	Parada de equipo
								Mal montaje	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
									Corrosión	Inspección inadecuada	Parada de equipo
						Fallan resortes de retorno	Pinzas no regresan	Resortes rendidos	Mal material	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
								Resorte se desengancha	Mal montaje	Mala operación	Parada de equipo
						Falla tuerca de bloqueo	Tuerca de bloqueo no ajusta	Junta montada incorrectamente	Error montaje	Mala operación	Parada de equipo
								Junta erosionada	Corrosión	Inspección inadecuada	Parada de equipo
							Tuerca de bloqueo fracturada	Junta montada incorrectamente	Error montaje	Mala operación	Parada de equipo
								Impacto no deseado	Golpe externo	Mala operación	Parada de equipo
				3	Falla accesorio para Compresión	Falla rosca aseguradora	Falta de ajuste	Mal montaje	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
								Mal montaje	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
								Impacto no deseado	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
						Falla Pin posicionador	Fractura de pin	Mal montaje	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
								Impacto no deseado	Golpe externo	Mala operación	Parada de equipo
								Exceso de carga	Limitador de presión defectuoso	Inspección inadecuada	Parada de equipo
									Mal material	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
								Fractura intempestiva	Mal material	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
							Ruido extraño	Mal montaje	Mala instalación	Mala operación	Parada de equipo
								Impacto no deseado	Golpe externo	Mala operación	Parada de equipo
				4	Accesorio para Flexión	Falla Yugo	Yugo se fractura	Exceso de carga	Limitador de presión defectuoso	Inspección inadecuada	Parada de equipo
									Mal material	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
								Impacto no deseado	Golpe externo	Mala operación	Parada de equipo
							Billas se estropean	Exceso de carga	Limitador de presión defectuoso	Inspección inadecuada	Parada de equipo
									Mal material	Admitir exceso de carga	Parada de equipo
								Impacto no deseado	Golpe externo	Mala operación	Parada de equipo
2	Mostrar apariencia adecuada	A	Aspecto inadecuado	1	Superficies sucias	NA	NA	Superficies con polvo o grasa	Falta de limpieza	Mantenimiento inadecuado	Desconfianza de resultados
				2	Superficies despintadas	NA	NA	Superficies decoloradas o decapadas	Mala operación	Mantenimiento inadecuado	Desconfianza de resultados
				3	Superficies corroídas	NA	NA	Superficies corroídas	Mal material	Inspección inadecuada	Desconfianza de resultados

V. ANÁLISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA HIDRÁULICO

EPG	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO		
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PÁG..
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2017
Equipo	MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN	Responsable:	
Sistema	HIDRÁULICO		

FUNCIÓN		Falla funcional		Modo de Fallo				Causalidad	Causa Raíz	Error humano	Efecto de Falla
		Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	
1	Trasmitir fluido hidráulico sin fallas por presión o flujo	A	No brinda transmisión de fluido a potencia y caudal requeridos por el sistema	1	Falla en la bomba	Falla en los engranajes de la bomba	Desgaste de los engranajes	Exceso de tiempo de uso del sistema	Engranajes rotos o corroídos	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
								Mal material	Exceso de carga	Admitir exceso de carga	Posible error en resultados
								Lubricación insuficiente	Sistema de lubricación obstruido	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
				2	Fallo del motor de la bomba	Daño en el rotor	Barra del rotor rota	Esfuerzos eléctricos mayores a los que puede soportar el rotor	Daño en el montaje del rotor	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
							Problemas en los rodamientos	Lubricación no adecuada	Desgaste por falta de lubricante	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
								Fractura por mal montaje	Mal montaje	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
						Daño en el estator	Bajo aislamiento del bobinado del estator del motor	Sobrecargas constantes	Rotor esta trabajando con rotor con cierto grado de bloqueo	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
									Desalineamiento del rotor	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
									Asimetría de voltaje de alimentación	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
								Rozamiento de estator y rotor	Desalineamiento del rotor	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
							Falla en el ventilador	Paletas del ventilador dañadas	Mal montaje	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
							Bobinado en cortocircuito	Sobrecarga de valor excesivo	Bomba trabada	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
						Daño en los rodamientos	Contacto metálico entre elementos de rodadura	Falta de lubricación	Desgaste por falta de lubricante	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
				3	Ruptura de carcasa	Falla en las juntas de la carcasa	Junta colocada incorrectamente	Fugas	Mal montaje	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
				4	Cojinetes agarrotados	Desgaste normal	Fatiga de componentes				Posible error en resultados
							Bolas desgastada				Posible error en resultados
						Esfuerzo axial demasiado grande	Motor subdimensionado				Posible error en resultados
							Fallos en los sellos de los cojinetes				Posible error en resultados
							Falla de lubricación	Falla la grasa	Aceite de base oxidado	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
									Grasa licuada	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
									Aditivos agotados	Mantenimiento inadecuado	Posible error en resultados
				5	Falla en mangueras hidráulicas	Fugas de aceite hidráulico	Daño en los conectores terminales	Fatiga de elemento	Calidad de componente	Inspección inadecuada	Parada de equipo
							Daño en mangueras	Desgaste por sobrepresiones	Válvulas obstruida	Error de diseño	Parada de equipo
								Daños mecánicos externos	Protección deteriorada	Inspección inadecuada	Parada de equipo
2	Contener el fluido hidráulico sin presencia de fugas.	A	Fugas de aceite en las líneas	1	Ruptura de mangueras hidráulicas	Fugas en gran volumen de aceite hidráulico	Daño irreversible de mangueras	NA	Calidad de componente	Inspección inadecuada	Parada de equipo
3	Controlar la presión del sistema entre 0 a 25 Mpa.	A	Falla en el control de presión hidráulica	1	Falla de los limitadores de presión	NA	NA	Presión inadecuada	Desgaste del elemento	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
						NA	NA	Presión inadecuada	Malas conexiones	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
4	Contar con mecanismos de seguridad del sistema.	A	Falla en la seguridad de las conexiones	1	Falla de niples	Fugas de aceite hidráulico	NA	Fugas de aceite	Desgaste del elemento	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
				2	Falla de sellos	Fugas de aceite hidráulico	NA	Fugas de aceite	Desgaste del elemento	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo

VI. ANÁLISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA ELÉCTRICO

EPG	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO		
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PÁG..
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2017
Equipo	MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN	Responsable:	
Sistema	ELÉCTRICO		

FUNCIÓN		Falla funcional		Modo de Fallo				Causalidad	Causa Raíz	Error humano	Efecto de Falla
		Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	
1	Transmitir la energía eléctrica a los puntos requeridos en forma permanente y las condiciones esperadas.	A	No brindar la energía en forma continua durante los ensayos	1	Falla total de tablero de adaptación de v	Falla de transformador reductor de volta	Conexiones eléctricas abiertas	Tornillos de sujeción sueltos	Tornillos ajustados incorrectamente	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
									Tornillos de mala calidad	Error de adquisición de material	Parada de equipo
							Bobinado abierto	Conductores eléctricos abiertos	Conductor sometido a esfuerzos mecáni	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
								Transformador sometido a sobrecargas e	Perdida de aislamiento del transformad	Mal diseño	Parada de equipo
						Falla en llave termo magnética	Desgaste por uso	Numero de maniobras de operación exc	Falta de inspección del dispositivo	Inspección inadecuada	Parada de equipo
				2	Falla parcial de tablero de adaptación de	Falla de transformador reductor de volta	Bobina del transformador con espiras en cortocircuito	Perdida parcial progresiva del aislamien	Bajo aislamiento por sobrecargas en el c	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
						Falla en llave termo magnética	Contactos de potencia con alto valor de	Contacto de potencia sometido a sobrecargas constantes.	Mala selección de llave de protección	Error de diseño	Parada de equipo
									Operación por encima de su endurancia	Inspección inadecuada	Parada de equipo
2	Uso de sistemas de seguridad contras fallas mecánicas o de operación.	A	Falla por descargas eléctricas menores (menores a 30 mA puede ocasionar malestar al usuario)	1	Falla en botoneras	Partes activas en contacto no directo con la carcasa de la maquinas	Presencia de material conductor	Conductores con bajo valor de aislamien	Material conductor dejado incorrectame	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
								Bajo aislamiento superficial de carcasa de botoneras	Presencia de suciedad y/o material cond	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
				2	Falla en el contacto de avance	Partes activas en contacto no directo con la carcasa de la maquinas	Presencia de material conductor	Conductores con bajo valor de aislamien	Material conductor dejado incorrectame	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
								Bajo aislamiento superficial de carcasa de botoneras	Presencia de suciedad y/o material cond	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
				3	Falla en el contacto de retroceso	Partes activas en contacto no directo con la carcasa de la maquinas	Presencia de material conductor	Conductores con bajo valor de aislamien	Material conductor dejado incorrectame	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
								Bajo aislamiento superficial de carcasa de botoneras	Presencia de suciedad y/o material cond	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
				4	Falla en los relés de control	Partes activas en contacto no directo con la carcasa de la maquinas	Presencia de material conductor	Conductores con bajo valor de aislamien	Material conductor dejado incorrectame	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
								Bajo aislamiento superficial de carcasa de botoneras	Presencia de suciedad y/o material cond	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
				5	Falla en los relés de control	Partes activas en contacto no directo con la carcasa de la maquinas	Presencia de material conductor	Conductores con bajo valor de aislamien	Material conductor dejado incorrectame	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
								Bajo aislamiento superficial de carcasa de botoneras	Presencia de suciedad y/o material cond	Inspección inadecuada	Posible error en resultados
		B	Falla por descargas eléctricas mayores (pueden dañar la integridad del equipo y la salud los usuarios)	1	Falla en botoneras	Contacto directo de partes activas energizadas con la carcasa de la maquina	Perdida de aislamiento de conductores e	Conductor no correctamente protegido	Fricción mecánica de conductor y partes eléctricas	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
							Presencia de material conductor uniendo parte activa y carcasa	Existencia de material extraño	Material conductor dejado incorrectame	Inspección inadecuada y reparación	Parada de equipo
						Contacto a tierra de partes activas de pulsadores de sujeción de mordazas	Presencia de material conductor	Existencia de polvo y/u otro material co	Falta de limpieza y revisión de partes el	Inspección inadecuada reparación	Parada de equipo
							Presencia de humedad	Contacto con agua o vapor de agua en los alrededores	Introducción accidental de agua	Error de operación	Parada de equipo
									Introducción de agua por agente externo	Error de instalación	Parada de equipo
						Pulsador de subir mordazas	Presencia de material conductor	Existencia de polvo y/u otro material co	Falta de limpieza y revisión de partes el	Inspección inadecuada reparación	Parada de equipo
									Introducción de agua por agente externo	Error de instalación	Parada de equipo
						Contacto de partes activas de indicador de funcionamiento	Presencia de material conductor	Existencia de polvo y/u otro material co	Falta de limpieza y revisión de partes el	Inspección inadecuada reparación	Parada de equipo
									Introducción de agua por agente externo	Error de instalación	Parada de equipo
				2	Falla en el contacto de avance	Contacto directo de partes activas energizadas con la carcasa de la maquina	Perdida de aislamiento de conductores e	Conductor no correctamente protegido	Fricción mecánica de conductor y partes eléctricas	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
							Presencia de material conductor uniendo parte activa y carcasa	Existencia de material extraño	Material conductor dejado incorrectame	Inspección inadecuada y reparación	Parada de equipo
				3	Falla en el contacto de retroceso	Contacto directo de partes activas energizadas con la carcasa de la maquina	Perdida de aislamiento de conductores e	Conductor no correctamente protegido	Fricción mecánica de conductor y partes eléctricas	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
							Presencia de material conductor uniendo parte activa y carcasa	Existencia de material extraño	Material conductor dejado incorrectame	Inspección inadecuada y reparación	Parada de equipo
				4	Falla en el relé térmico	Contacto directo de partes activas energizadas con la carcasa de la maquina	Perdida de aislamiento de conductores e	Conductor no correctamente protegido	Fricción mecánica de conductor y partes eléctricas	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
							Presencia de material conductor uniendo parte activa y carcasa	Existencia de material extraño	Material conductor dejado incorrectame	Inspección inadecuada y reparación	Parada de equipo
				5	Falla en los relés de control	Contacto directo de partes activas energizadas con la carcasa de la maquina	Perdida de aislamiento de conductores e	Conductor no correctamente protegido	Fricción mecánica de conductor y partes eléctricas	Mantenimiento inadecuado	Parada de equipo
							Presencia de material conductor uniendo parte activa y carcasa	Existencia de material extraño	Material conductor dejado incorrectame	Inspección inadecuada y reparación	Parada de equipo
		C	Falla del sistemas de seguridad contras fallas mecánicas o de operación.	1	Dispositivo de parada de emergencia da	Dispositivo de parada de emergencia da	Interruptor de parada de emergencia da	Desgaste por uso	Desgaste por uso	Inspección inadecuada	Compromiso en otros elementos
								Llego de fabrica si probar	Falta de verificación en fabrica	Inspección inadecuada	Compromiso en otros elementos

VII. ANÁLISIS DE MODO DE FALLA DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

EPG	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA											
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO											
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM										PÁG..
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA										AÑO: 2017
	Equipo	MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN							Responsable:			
	Sistema	COMUNICACIÓN										
FUNCIÓN		Falla funcional		Modo de Fallo					Causalidad	Causa Raíz	Error humano	Efecto de Falla
		Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	Nivel 4		Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	
1	Transferir los datos del ensayo a través de conversión ADC y DAC para obtención y procesamiento de la curva de esfuerzo deformación	A	Falla en sistema de Comunicación	1	Falla celda de carga	Falla sensor	La fuerza no es proporcional a la señal del sensor		Descalibración del sensor	Mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
									Sensor opero fuera de sus rangos permitidos	Desconocimiento de sus parámetros	Personal inadecuado	Parada del equipo
										personal poco entrenado	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
							No sensa ninguna fuerza		sensor malogrado	Error montaje	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
										Fugas eléctricas	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
										conexiones erróneas en el montaje	Instalación inadecuada	Parada del equipo
						Falla el cable de conexión al sensor de la celda de carga	La señal del sensor no llega a la tarjeta		Cable deteriorado	Cable sin cintillos ni canaletas	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
									Cable desconectado	No se ajustaron las conexiones	Instalación inadecuada	Parada del equipo
				2	Falla extensómetro	Falla sensor	La deformación no es proporcional al desplazamiento de las mordazas		Des calibración del sensor	mala instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
									Sensor opero fuera de sus rangos	Contacto x fase abierto	Inspección inadecuada	Parada del equipo
						Falla el cable de conexión al sensor de la celda de carga	La señal del extensómetro no llega a la tarjeta de adquisición de datos		Cable deteriorado	Cable sin cintillos ni canaletas	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
									Cable desconectado	No se ajustaron las conexiones	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
				3	Falla computadora	Falla el CPU	No enciende la computadora		CPU deteriorado	No se cuida el CPU	Mala operación	Parada del equipo
											Instalación inadecuada	Parada del equipo
						Falla el display	No se muestran datos o valores en el display		display deteriorado	ambiente de trabajo inseguro y mala	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
									problemas de conexión con el display	personal poco entrenado	Personal inadecuado	Parada del equipo
						Falla la impresora	No se imprime resultados		impresora deteriorada	no se cuida la impresora	Mala operación	Parada del equipo
									problemas de comunicación con la	Driver de la impresora erróneo	Instalación inadecuada	Parada del equipo
						Falla el mouse	No se puede seleccionar las opciones de manejo de la prueba de ensayo		mouse deteriorado	no se cuida el mouse	Mala operación	Parada del equipo
									mouse sin conectar al CPU	error de montaje en la instalación	Instalación inadecuada	Parada del equipo
						Falla el teclado	No se puede ingresar parámetros		teclado deteriorado	no se cuida el teclado	Mala operación	Parada del equipo
									teclado sin conectar al CPU	error de montaje en la instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
						Falla el software	El software no abre y no se puede interactuar		Problemas de licencia	No se verifico la licencia	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
									Problemas de actualización	No se pagaron por las actualizaciones	Mala operación	Parada del equipo
									Configuración errónea	personal poco entrenado	Personal inadecuado	Parada del equipo
				4	Falla la tarjeta W300B	Falla el A/D	No se realiza la conversión A/D		parte del ADC deteriorada	el voltaje de ingreso al ADC es alto	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
									error en la comunicación	malas conexiones	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
						Falla el D/A	No se realiza la conversión D/A		parte del DAC deteriorada	la parte del DAC de la tarjeta esta	Mala operación	Parada del equipo
									error en la comunicación	malas conexiones	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
						Falla el I/O circuito	No hay salidas ni entradas digitales,		error en la comunicación	malas conexiones	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
						Falla el PWM out	No se genera el ancho de pulso para el control de velocidad		problemas en la programación del CPU	programas con configuraciones	Mala operación	Parada del equipo
									error en la comunicación	malas conexiones	Mala operación	Parada del equipo
									conexiones eléctricas erróneas	error de montaje en la instalación	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
2	Controlar la máquina de ensayo, desde la PC a través del sistema de comunicación	A	Falla en el sistema de control de movimiento	1	Falla signal plate (Driver de Motor Trifásico)	Falla encoder 1	No se mide la velocidad angular del motor 1		Fallas en las conexiones	error de montaje o mantenimiento	Instalación inadecuada	Parada del equipo
									Encoder deteriorado	mala operación durante los ensayos	Mala operación	Parada del equipo
						Falla encoder trifásico	No se mide la velocidad del motor trifásico		Fallas en las conexiones	No se ajustaron las conexiones	Mantenimiento inadecuado	Parada del equipo
									Encoder deteriorado	mala operación durante los ensayos	Inspección inadecuada	Parada del equipo
						Falla en el Minas A4 servo system	No controla la velocidad del motor trifásico		Componentes deteriorados	falta de mantenimiento o limpieza	Mala operación	Parada del equipo
									driver quemado	error de montaje o mantenimiento	Instalación inadecuada	Parada del equipo
3	Controlar fugas eléctricas de los componentes del sistema	A	Fugas de corriente	1	Falla por corte en comunicaciones	Falla en conexiones	No se puede ingresar parámetros		Perdida de comunicación	malas conexiones	Inspección inadecuada	Parada del equipo
									Lectura de data erróneo	Componentes defectuosos	Inspección inadecuada	Parada del equipo
						Falla de aislamiento			Perdida de comunicación	malas conexiones	Inspección inadecuada	Parada del equipo
						Falla de componentes electrónicos			Perdida de comunicación	Componentes defectuosos	Inspección inadecuada	Parada del equipo
									Comunicación defectuosa	Componentes defectuosos	Inspección inadecuada	Parada del equipo
				2	Falla por corriente estática.	Falla por aislamiento	Parámetros distorsionados o sin ingreso		Perdida de comunicación	malas conexiones	Instalación inadecuada	Parada del equipo
									Corriente estática	Ausencia de línea de tierra	error de diseño	Parada del equipo

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 4

HOJA DE ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRIA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PAG.
ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2017

Equipo MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCION / COMPRESION

Sistema ESTRUCTURAL

Responsable:

RCM TASKS DECISION WORKSHEET

	Equipment No. :	Equipment Type :	Date Started :	Date End :	Teamname :	Reviewed by :	Rev. No. / Sheet
Gearing Towards A Pro-Active Maintenance System	Team Objective :				Leader :	Approved by :	Date : / of

Information Reference			Failure Consequence				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	H4 S4 O4	Dafault Tasks			Proposed Tasks	Maintenance Classification (Check Classification)					Initial Interval	Responsible
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	N4	H4	H5	S4		PM	CBM	RTF	RED	MOD		

S5-08 LEGEND : PM - Preventive Maintenance PdM - Condition-Based RTF - Run to fail Red - Redundancy MOD - Modify

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 5

HOJA DE ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

EPG	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	
	ESCUELA DE POSGRADO-MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO	
TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PAG. 1/1
ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2018

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

N° Orden de Trabajo		Fecha de solicitud		Hora		Solicitado por:	
Area		Sistema		Componente			
Equipo		Código					
Tipo de Mantenimiento		Tipo de tarea / Nivel		Frecuencia		Código de tarea	

N°	Descripción de la Operación	Tiempo Propuesto	Especificaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

PLANO	OBSERVACIONES PROPUESTAS

RECURSOS NECESARIOS

Mano de obra		Materiales y repuestos		Herramientas y/o equipos necesarios	
Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad

TRABAJO EJECUTADO

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

OBSERVACIONES			
	Hora y fecha de inicio del mantenimiento		
	Hora y fecha de termino del mantenimiento		
	Tiempo de ejecución		

Firma del Coordinador / Responsable

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 6

HOJA DE PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		
	ESCUELA DE POSGRADO-MAESTRIA EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO		
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PAG. 1/1
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2018

HOJA DE PROCEDIMIENTOS					N°.
Nombre Equipo		Código		Ubicación	
Marca		Modelo		Serie	
Tipo de Mantenimiento		Tarea		Codigo de tarea	

FOTO EN EXPLOSION DE PARTES PRINCIPALES DEL EQUIPO A INSPECCIONAR
Detalle de las opraciones a realizar

N°.	Rutina de Trabajo	Sistema/Partes/Estado y Criticidad/Observaciones y Recomendaciones para Ejecución de Mantenimiento
1	LIMPIEZA GENERAL	
2	INSPECCION Y AJUSTE	
3	LUBRICACION GENERAL	
4	INSPECCION PERIODICA PROGRAMADA	

	ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
NOMBRES:			
FECHA:			

ANEXO 7

HISTORIAL DE OPERACIONES

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		
	ESCUELA DE POSGRADO-MAESTRIA EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO		
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	PAG. 1/1
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	AÑO: 2018

Código del Equipo		Nombre del equipo	
Modelo			
Marca			
Año de Fabricación		Tiene garantía	Sí ☐ No ☐

N°	Fecha	Área	Descripción de la Falla	Hora	Consecuencia de la Falla	Solución		Trabajo y/o procedimiento realizado	Observaciones	Responsable
						Fecha	Hora			
1										
2										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

ANEXO 8

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO SISTEMA ESTRUCTURAL Y MOTRIZ

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		HOJA 1 DE 3
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRIA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO		FECHA
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	
	CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO		

AREA	Laboratorio de Ensayo de Materiales	MARCA DEL EQUIPO	Time Group INC.
EQUIPO	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS (Traccion - Compresion)	MODELO	WDW300E
CODIGO DEL EQUIPO	LEM2-01-TC01 / CODIGO UCSM	CRITICICIDAD	ALTA

SISTEMA	COMPONENTE	PARTE	TIPO DE ACTIVIDAD	N	ACTIVIDAD	CODIGO DE TAREA	DURACIÓN DE TAREAS (HRS)	SEMANA 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	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
SISTEMA ESTRUCTURAL	TRAVESAÑO SUPERIOR	TRAVESAÑO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	1	INSPECCION DEL NIVEL DEL TRAVESAÑO	MP-I-1-001-SE-A-1	0.1	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
		PERNO DE SUJECCION	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	2	AJUSTE DE PERNO DE SUJECCION	MP-J-1-002-SE-A-2	0.02	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	TRAVESAÑO MEDIO	TRAVESAÑO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3	INSPECCION DEL NIVEL DEL TRAVESAÑO	MP-I-1-003-SE-B-1	0.1	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
		PIN PASADOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	4	INSPECCION DE PIN PASADOR	MP-I-1-004-SE-B-2	0.02	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		CABEZAL DE HUSILLO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	5	INSPECCION Y VERIFICACION DE LA CONDICION DEL CABEZAL DEL HUSILLO	MP-I-1-005-SE-B-3	0.2											S T																					S T																				
	COLUMNAS	PERFILES DE SOPORTE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	6	INSPECCIONAR SUPERFICIES Y ASEGURAMIENTO	MP-I-1-006-SE-C-1	0.01	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
		CUBIERTAS DE ALUMINIO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	7	INSPECCIONAR SUPERFICIES Y ASEGURAMIENTO	MP-I-1-007-SE-C-2	0.01	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
		FORROS (acordeon interior)	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	8	INSPECCIONAR SUPERFICIES Y ASEGURAMIENTO	MP-I-1-008-SE-C-3	0.01	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	BANCO DE TRABAJO	SOPORTE DE HUSILLO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	9	INSPECCION Y VERIFICACION DE LA CONDICION DEL SOPORTE DEL HUSILLO	MP-I-1-009-SE-D-1	0.2											S T																					S T																				
		PIN PASADOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	10	INSPECCION DE PIN PASADOR	MP-I-1-010-SE-D-2	0.02	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		SOPORTE DE ENGRANAJE A	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	11	INSPECCION Y VERIFICACION DE LA CONDICION DEL SOPORTE DEL HUSILLO	MP-I-1-011-SE-D-3	0.2											S T																					S T																				
		SOPORTE DE ENGRANAJE B	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	12	INSPECCION Y VERIFICACION DE LA CONDICION DEL SOPORTE DEL HUSILLO	MP-I-1-012-SE-D-4	0.2											S T																					S T																				
	HUSILLO DE BOLAS	HUSILLO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	13	INSPECCION Y VERIFICACION DE LA CONDICION DEL HUSILLO DE BOLAS	MP-I-1-013-SE-E-1	0.25	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
			MANTENIMIENTO PREVENTIVO	14	LIMPIEZA Y LUBRICACION DEL HUSILLO	MP-L-2-014-SE-E-1	0.5											A																																									
		CAJA DE RODAMINETOS	MANTENIMIENTO PREDECTIVO	15	ANALISIS VIBRACIONAL DE LA CAJA DE RODAMIENTOS	MD-V-3-015-SE-E-2	2											A																																									
		SOPORTES EXTREMOS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	16	INSPECCION Y VERIFICACION DE LA CONDICION DEL HUSILLO DE BOLAS	MP-I-2-016-SE-E-3	0.1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
			MANTENIMIENTO PREVENTIVO	17	LIMPIEZA Y LUBRICACION DEL HUSILLO	MP-L-2-017-SE-E-3	0.5											A																																									

SISTEMA MOTRIZ	ENGRANAJE A	ENGRANAJE A	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	18	INSPECCION Y VERIFICACION DE LA CONDICION DEL ENGRANAJE	MP-I-3-001-SM-A-1	0.25											A																																											
		CHUMACERA A	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	19	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-3-002-SM-A-2	0.25											A																																											
	ENGRANAJE B	ENGRANAJE B	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	20	INSPECCION Y VERIFICACION DE LA CONDICION DEL ENGRANAJE	MP-I-3-003-SM-B-1	0.25											A																																											
		CHUMACERA B	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	21	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-3-004-SM-B-2	0.25											A																																											
	ENGRANAJE C (loco)	ENGRANAJE C	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	22	INSPECCION Y VERIFICACION DE LA CONDICION DEL ENGRANAJE	MP-I-3-005-SM-C-1	0.25											A																																											
		CHUMACERA C	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	23	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-3-006-SM-C-2	0.25											A																																											
	FAJA DE TRANSMISION	FAJA DE SINCRONIA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	24	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-007-SM-D-1	0.25											ST																				ST																					
	REGULADOR DE VELOCIDAD	VARIADOR DE VELOCIDAD	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	25	PROTOCOLO DE SOFTWARE ANALISIS VIBRACIONAL	MD-V-3-008-SM-E-1	1											A																																											
		HARDWARE VARIADOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	26	INSPECCION POR PROTOCOLO DE SOFTWARE	MD-V-3-009-SM-E-2	0.5											A																																											
	MOTOR	MOTOR DE PASOS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	27	ANALISIS VIBRACIONAL	MD-V-3-010-SM-F-1	0.5											A																																											
		SOPORTE DE MOTOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	28	INSPECCION DE AJUSTE Y VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-011-SM-F-2	0.5											ST																				ST																					

SIMBOLOGIA						
	D	DIARIO	M	MENSUAL	ST	SEMESTRAL
	S	SEMANAL	T	TRIMESTRAL	A	ANUAL

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO SISTEMA DE SUJECIÓN E HIDRÁULICO

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		HOJA 2 DE 3
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRIA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO		FECHA
	TESIS	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM	
	ELABORADO POR	ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA	
	CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO		

AREA	Laboratorio de Ensayo de Materiales	MARCA DEL EQUIPO	Time Group INC.
EQUIPO	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS (Traccion - Compresion)	MODELO	WDW300E
CODIGO DEL EQUIPO	LEM2-01-TC01 / CODIGO UCSM	CRITICICIDAD	ALTA

SISTEMA	COMPONENTE	PARTE	TIPO DE ACTIVIDAD	N	ACTIVIDAD	CODIGO DE TAREA	DURACIÓN DE TAREAS (HRS)	SEMANA 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	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
SISTEMA DE SUJECION	MORDAZA FIJA	CONECTOR DE ASIENTO SUPERIOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	29	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION	MP-L-1001-SS-A-1	0.25											A																																										
		JUNTA UNIVERSAL	MANTENMIENTO PREVENTIVO	30	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1002-SS-A-2	0.1											S T																						S T																				
		PIN DE FIJACION	MANTENMIENTO PREVENTIVO	31	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION	MP-L-1003-SS-A-3	0.25											A																																									
		JUNTA TOPE SUPERIOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	32	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION	MP-L-1004-SS-A-4	0.25											A																																									
		TURCA DE BLOQUEO	MANTENMIENTO PREVENTIVO	33	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION	MP-L-1005-SS-A-5	0.1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		CUERPO DE MORDAZA SUPERIOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	34	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L2-006-SS-A-6	0.25											A																																									
		QUIJADAS (pinzas)	MANTENMIENTO PREVENTIVO	35	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION DE GUIAS SI ES NECESARIO	MP-L-1007-SS-A-7	0.1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		TUERCAS DE AJUSTE	MANTENMIENTO PREVENTIVO	36	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION	MP-L-1008-SS-A-8	0.1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	MORDAZA MOVIL	CUERPO DE QUIJADA INFERIOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	37	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION DE GUIAS DE QUIJADAS SI ES NECESARIO	MP-L2-009-SS-B-1	0.25											A																																									
		TUERCA DE BLOQUEO	MANTENMIENTO PREVENTIVO	38	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION	MP-L-1010-SS-B-2	0.1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		TUERCA CONECTORA	MANTENMIENTO PREVENTIVO	39	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION	MP-L-1011-SS-B-3	0.1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		JUNTA TOPE INFERIOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	40	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION	MP-L-1012-SS-B-4	0.1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		PIN POSICIONADOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	41	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION	MP-L-1013-SS-B-5	0.25											A																																									
		BARRA GUIA	MANTENMIENTO PREVENTIVO	42	VERIFICAR ESTADO, LIMPEZA Y LUBRICACION	MP-L-1014-SS-B-6	0.1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	ACCESORIO PARA COMPRESION "C"	EJE CONECTOR	MANTENMIENTO CORRECTIVO	43	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1015-SS-C-1	0.1											A																																									
		BRIDA RODAMIENTO	MANTENMIENTO PREVENTIVO	44	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1016-SS-C-2	0.1											A																																									
		BARRA GUIA INFERIOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	45	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1017-SS-C-3	0.1											A																																									
		ROSCA ASEGURADORA	MANTENMIENTO PREVENTIVO	46	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1018-SS-C-4	0.1											A																																									
		PLACA SUPERIOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	47	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1019-SS-C-5	0.1											A																																									
		PLACA INFERIOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	48	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1020-SS-C-6	0.1											A																																									
		PIN POSICIONADOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	49	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1021-SS-C-7	0.1											A																																									
	ACCESORIO PARA FLEXION "F"	PIN POSICIONADOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	50	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1022-SS-D-1	0.1											A																																									
		YUGO (ensayo de flexion)	MANTENMIENTO CORRECTIVO	51	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1023-SS-D-2	0.1											A																																									
		REGLA	MANTENMIENTO PREVENTIVO	52	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1024-SS-D-3	0.1											A																																									
		TUERCA ASGURADORA	MANTENMIENTO PREVENTIVO	53	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1025-SS-D-4	0.1											A																																									
		BILLAS SOPORTE INFERIOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	54	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L2-026-SS-D-5	0.1											A																																									
		BILLAS DE PRESION SUPERIOR	MANTENMIENTO PREVENTIVO	55	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L2-027-SS-D-6	0.1											A																																									
		BARRA GUIA	MANTENMIENTO PREVENTIVO	56	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-L-1028-SS-D-7	0.1											A																																									

SISTEMA HIDRAULICO	BOMBA PRINCIPAL	ENGRANAJE MOTRIZ	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	57	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-001-SH-A-1	0.25											A																																																														
		ENGRANAJE CONDUCIDO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	58	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-002-SH-A-2	0.25											A																																																																
		RODAMIENTOS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	59	PROTOCOLO DE SOFTWARE DE ANALISIS VIBRACIONAL DE RODAMIENTOS	MD-V-3-003-SH-A-3	1											ST																				ST																						
		CUERPO DE BOMBA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	60	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-1-004-SH-A-4	0.1											A																																																																		
		TAPAS DE LA BOMBA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	61	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-1-005-SH-A-5	0.1											A																																																																			
		SELLOS	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	62	INSPECCION Y REEMPLAZO DE SELLOS ANTE FUGA	MP-I-2-006-SH-A-6	0.2	T												T												T												T												T			
	VALVULA DIRECCIONAL	CABEZAL SOLENOIDE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	63	REALIZAR INSPECCIONES PARA VERIFICAR EL ESTADO DE AJUSTE DE LA POLEA	MP-I-2-007-SH-B-1	0.1											A																																																																				
		VASTAGO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	64	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-008-SH-B-2	0.1											A																																																																					
		SELLOS	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	65	INSPECCION Y REEMPLAZO DE SELLOS ANTE FUGA	MC-I-1-009-SH-B-3	0.2	T												T												T												T												T			
		CUERPO DE VALVULA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	66	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-010-SH-B-4	0.1	T												T												T												T												T			
		PERNOS DE SUJECCION	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	67	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-011-SH-B-5	0.2	T												T												T												T												T			
	TANQUE	TANQUE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	68	INSPECCION Y REPARACION ANTE FUGA	MP-I-1-012-SH-C-1	0.2	T												T												T												T												T			
	CAÑERIAS	MANGUERAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	69	INSPECCION Y REPARACION ANTE FUGA	MP-I-1-013-SH-D-1	0.5	T												T												T												T												T			
		CONECTORES TERMINALES DE MANGUERAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	70	INSPECCION Y REPARACION ANTE FUGA	MP-I-1-014-SH-D-2	0.1	T												T												T												T												T			
		CAÑERIAS METALICAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	71	INSPECCION Y REPARACION ANTE FUGA	MP-I-1-015-SH-D-3	0.2	T												T												T												T												T			
		TUERCAS Y CONECTORES	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	72	INSPECCION Y REPARACION ANTE FUGA	MP-I-1-016-SH-D-4	0.2	T												T												T												T												T			
	VALVULA LIMITADORA	VALVULA LIMITADORA DE PRESION	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	73	MANTENIMIENTO BAJO PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO	MP-P-3-017-SH-E-1	0.5											ST																				ST																						
	MOTOR PRINCIPAL	ESTATOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	74	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-L-1-018-SH-F-1	0.5	T												T												T												T												T			
		ROTOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	75	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-L-1-019-SH-F-2	0.5	T												T												T												T												T			
		GUARDA DELANTERA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	76	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-1-020-SH-F-3	0.1	T												T												T												T												T			
		GUARDA POSTERIOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	77	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-1-021-SH-F-4	0.1	T												T												T												T												T			
		RODAMIENTOS	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	78	PROTOCOLO DE SOFTWARE DE ANALISIS VIBRACIONAL DE RODAMIENTOS	MD-V-3-022-SH-F-5	1											ST																				ST																						
		VENTILADOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	79	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-1-023-SH-F-6	0.2	T												T												T												T												T			
		FILTRO DE LINEA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	80	REEMPLAZO DE FILTRO	MP-R-2-024-SH-F-7	0.5											A																																																																				
	FILTRO DE ACEITE	CARCAZA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	81	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-1-025-SH-G-1	0.1	T												T												T												T												T			
		FILTRO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	82	REEMPLAZO DE FILTRO	MP-R-2-026-SH-G-2	0.2											A																																																																					
		PERNOS DE SUJECCION	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	83	AJUSTE DE PERNOS	MP-J-1-027-SH-G-3	0.2	T												T												T												T												T			
	MANOMETRO DE PRESION	INDICADOR DE PRESION	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	84	INSPECCION DE AJUSTE Y CALIBRACION	MD-C-3-028-SH-H-1	1											A																																																																						
		ROSCA DE CONEXIÓN	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	85	INSPECCION Y AJUSTE	MP-I-1-029-SH-H-2	0.1	T												T												T												T												T			

SIMBOLOGIA			
	D DIARIO	M MENSUAL	ST SEMESTRAL
	S SEMANAL	T TRIMESTRAL	A ANUAL

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO SISTEMA ELÉCTRICO Y DE COMUNICACIÓN

EPG	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	HOJA 3 DE 3	
	ESCUELA DE POSGRADO -MAESTRIA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO	FECHA	
	TESIS: APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA HOMOLOGAR PROCESOS DEL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA EPIMMEM		
	ELABORADO POR: ING. JORGE LUIS CASTRO VALDIVIA		
	CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO		

AREA	Laboratorio de Ensayo de Materiales	MARCA DEL EQUIPO	Time Group INC.
EQUIPO	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS (Traccion - Compresion)	MODELO	WDW300E
CODIGO DEL EQUIPO	LEM2-01-TC01 — CODIGO UCSM	CRITICICIDAD	ALTA

SISTEMA	COMPONENTE	PARTE	TIPO DE ACTIVIDAD	N	ACTIVIDAD	CODIGO DE TAREA	DURACIÓN DE TAREAS (HRS)	SEMANA 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	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
SISTEMA ELECTRICO	BOTONERAS	PULSADOR DE ARRANQUE DE PRUEBA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	86	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-1-001-SE-A-1	0.1																															A																						
		PULSADOR DE SUBIR MORDAZAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	87	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-1-002-SE-A-2	0.1																															A																						
		PULSADOR DE SUJECION DE MORDAZAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	88	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-1-003-SE-A-3	0.1																															A																						
		PULSADOR DE ABRIR MORDAZAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	89	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-1-004-SE-A-4	0.1																															A																						
		INDICADOR DE FUNCIONAMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	90	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-1-005-SE-A-5	0.1																															A																						
	TABLERO DE CONTROL DEL SERVOMOTOR	CONTACTOR DE AVANCE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	91	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-1-006-SE-B-1	0.1																															A																						
		CONTACTOR DE RETROCESO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	92	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-1-007-SE-B-2	0.1																															A																						
		RELE TERMICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	93	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-008-SE-B-3	0.1																															A																						
		BORNERAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	94	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-1-009-SE-B-4	0.1																															A																						
		CONDUCTORES DE CONEXION ELECTRICA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	95	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-1-010-SE-B-5	0.1																															A																						
		RELE DE CONTROL	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	96	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-011-SE-B-6	0.1																															A																						
	DRIVER	TARJETA DE POTENCIA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	97	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-012-SE-C-1	0.1																															A																						
		TARJETA DE CONTROL	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	98	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-013-SE-C-2	0.1																															A																						
	CABLEADO (hardware)	CABLEADO DE POTENCIA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	99	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-014-SE-D-1	0.2																															A																						
		CABLEADO DE MANDO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	100	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-015-SE-D-2	0.2																															A																						
	TABLERO DE ADAPTACION DE VOLTAJE	CUBIERTA EXTERNA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	101	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-2-016-SE-E-1	0.1																															A																						
		TRANSFORMADOR REDUCTOR DE VOLTAJE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	102	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-017-SE-E-2	0.1																															A																						
		LLAVE TERMOMAGNETICA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	103	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-018-SE-E-3	0.1																															A																						
		CONECTOR PRENSA ESTOPAS	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	104	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-2-019-SE-E-4	0.1																															A																						

SISTEMA DE COMUNICACIÓN	CELDA DE CARGA	SENSOR DE CARGA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	105	INSPECCION Y CALIBRACION	MP-C-3-001-SC-A-1	2																															A																				
		CABLE (CANAL)	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	106	INSPECCION Y AJUSTE	MP-J-3-002-SC-A-2	0.1																															A																				
	EXTENSOMETRO	SENSOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	107	INSPECCION Y CALIBRACION	MP-C-3-003-SC-B-1	2																															A																				
		CABLE (CANAL)	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	108	INSPECCION Y AJUSTE	MP-J-3-004-SC-B-2	0.1																															A																				
	SIGNAL PLATE	ENCODER	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	109	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-3-005-SC-C-1	1																															A																				
		MINAS A4 SERVO SYSTEM	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	110	INSPECCION Y LIMPIEZA	MP-I-3-006-SC-C-2	1																															A																				
		MOTOR ENCODER TRIFASICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	111	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-3-007-SC-C-3	1																															A																				
	COMPUTADORA	CPU	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	112	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MD-I-2-008-SC-D-1	0.5											ST																				ST																				
		DISPLAY MONITOR	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	113	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-009-SC-D-2	0.1											ST																				ST																				
		IMPRESORA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	114	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-010-SC-D-3	0.1											ST																				ST																				
		MOUSE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	115	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-011-SC-D-4	0.1											ST																				ST																				
		TECLADO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	116	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-2-012-SC-D-5	0.1											ST																				ST																				
		SOFTWARE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	117	INSPECCION POR SOFTWARE, LICENCIA Y ACTUALIZACIONES	MP-P-3-013-SC-D-6	0.5											ST																				ST																				
	TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS	A/D PLATE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	118	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-3-014-SC-E-1	0.25											ST																				ST																				
	(measuring control card W300B)	D/A PLATE	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	119	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-3-015-SC-F-1	0.25											ST																				ST																				
		I/O CIRCUIT	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	120	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-3-016-SC-F-2	0.5											ST																				ST																				
		PWM OUTPUT	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	121	REALIZAR INSPECCION PARA VERIFICAR ESTADO	MP-I-3-017-SC-F-3	0.5											ST																				ST																				

SIMBOLOGIA					
	D	DIARIO	M	MENSUAL	ST	SEMESTRAL
	S	SEMANAL	T	TRIMESTRAL	A	ANUAL

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 9

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

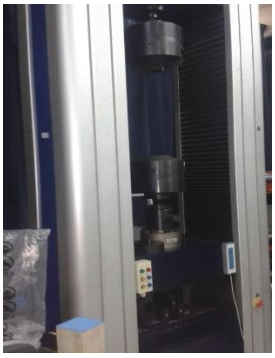
EQUIPO ENSAYO UNIVERSAL DE TRACCIÓN - COMPRESIÓN

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R - 102**	**LEM2-01-TC01**
EQUIPO	Ensayo de Tracción	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Maquina Universal de Ensayo
Tipo	Digital
Fabricante (Marca)	Time Group INC.
Procedencia:	China
Modelo	WDW300E
Número de serie	215
Magnitud de medida	Kg (carga)
Rango (Escala de medición)	0-30000 Kg
Resolución mínima graduación	
Fecha:	2011-01
Funcionamiento	

OTROS



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

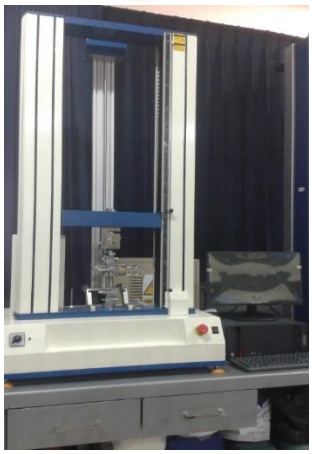
EQUIPO ENSAYO DE TRACCIÓN PARA PLÁSTICOS

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-01-TC02**
EQUIPO	Equipo ensayo de tracción para plásticos	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Equipo ensayo de tracción para plásticos
Tipo	Digital
Fabricante (Marca)	Liyi-Tech
Procedencia:	China
Modelo	
Número de serie	131202
Magnitud de medida	Kg
Rango (Escala de medición)	0-2000 kg
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	2013
Funcionamiento	

OTROS



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ENSAYO DE CHARPY

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R-102**	**LEM1-03-TN01**
EQUIPO	Ensayo de Charpy	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Máquina de Ensayo de Impacto
Tipo	Digital / Analógico
Fabricante (Marca)	Time Group INC.
Procedencia:	China
Modelo	JB-W300A
Número de serie	04144
Magnitud de medida	J (Joule)
Rango (Escala de medición)	0-300 J
Resolución mínima graduación	Digital: 0.1 J / Analógico: 1 J
Fecha:	2012-04
Funcionamiento	

Otros

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE DUREZA

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R -102**	**LEM1-04-ED01**
EQUIPO	Durómetro	
	Número de equipos:	**02**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Durómetro
Tipo	Analógico
Fabricante (Marca)	Time Group INC.
Procedencia:	China
Modelo	HBRVU-187.5
Número de serie	7775
Magnitud de medida	HR/HV/HB
Rango (Escala de medición)	HR: 20 – 100/ HB: 4-450 / HV: 14-1000
Resolución mínima graduación	1
Fecha:	2011-01
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE DUREZA

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-04-ED03**
EQUIPO	Durómetro	
	Número de equipos:	**02**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Durómetro
Tipo	Digital
Fabricante (Marca)	Time Group INC.
Procedencia:	China
Modelo	HRS -150
Número de serie	112
Magnitud de medida	Kg (carga)
Rango (Escala de medición)	0-100
Resolución mínima graduación	0.1
Fecha:	2011-03
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

MICROSCOPIO METALOGRÁFICO

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-05-MS01**
EQUIPO	Microscopio metalográfico	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Microscopio metalográfico
Tipo	Óptico/Digital
Fabricante (Marca)	Time Group INC.
Procedencia:	China
Modelo	DX70A
Número de serie	1125710
Magnitud de medida	
Resolución:	10x/20x/50x/100x
Resolución mínima graduación	
Fecha:	2011-12
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

MICROSCOPIO METALOGRÁFICO INVERTIDO

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-05-MS02**
EQUIPO	Microscopio Metalográfico Invertido	
	Número de equipos:	**04**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Microscopio metalúrgico invertido
Tipo	Óptico
Fabricante (Marca)	Time Group INC.
Procedencia:	China
Modelo	DX40TV
Número de serie	1124442
Magnitud de medida	
Resolución:	
Resolución mínima graduación	
Fecha:	2012-2
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

MICROSCOPIO METALOGRÁFICO ÓPTICO

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-05-MS06**
EQUIPO	Microscopio Metalográfico Óptico	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Microscopio Metalográfico
Tipo	Óptico
Fabricante (Marca)	.
Procedencia:	
Modelo	XJP – 60A
Número de serie	300317395
Magnitud de medida	
Resolución:	
Resolución mínima graduación	
Fecha:	
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

MAQUINA CORTADORA DE MUESTRAS METALOGRÁFICAS

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-06-CC01**
EQUIPO	Maquina cortadora de muestras metalográficas	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Maquina cortadora de muestras metalográficas
Tipo	Mecánico herramienta
Fabricante (Marca)	Time Group INC.
Procedencia:	China
Modelo	Q – 2A
Número de serie	-
Magnitud de medida	-
Resolución:	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

EQUIPO RO-TAP

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-06-CC02**
EQUIPO	Ro-Tap	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	RO-TAP
Tipo	Mecánico
Fabricante (Marca)	TYLER
Procedencia:	USA
Modelo	RX-29-16
Número de serie	13-14-57
Magnitud de medida	-
Rango (Escala de medición)	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	2013
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

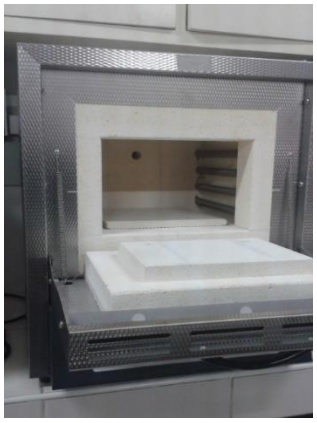
HORNO NABERTHERM

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-07-HH01**
EQUIPO	Horno Nabertherm	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Horno Eléctrico
Tipo	Eléctrico
Fabricante (Marca)	Nabertherm
Procedencia:	Alemania
Modelo	L-090S3SN
Número de serie	286447
Magnitud de medida	°C
Rango (Escala de medición)	0-1300 °C
Resolución mínima graduación	1 °C
Fecha:	2013
Funcionamiento	

OTROS



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

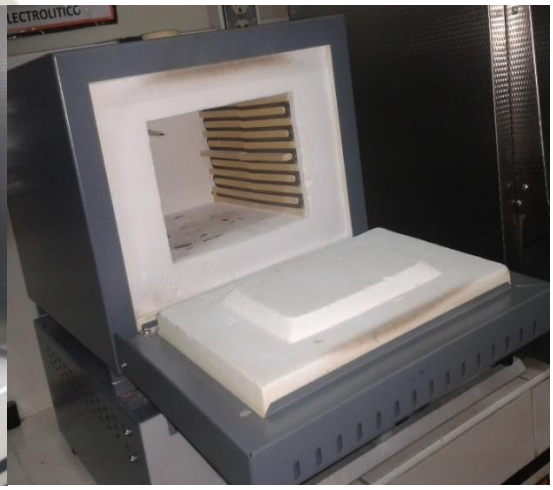
HORNO THERMOLYNE

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-07-HH02**
EQUIPO	Horno THERMOLYNE	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Horno THERMOLYNE
Tipo	Eléctrico
Fabricante (Marca)	THERMOLYNE SCIENTIFIC
Procedencia:	
Modelo	F 48020-33
Número de serie	0150675601121119
Magnitud de medida	°C
Rango (Escala de medición)	0-1200 °C
Resolución mínima graduación	1 °C
Fecha:	
Funcionamiento	

OTROS



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PULIDORA METALOGRÁFICA DE DISCO

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-08-EP01**
EQUIPO	Pulidora metalográfica de disco	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Pulidora metalográfica de disco
Tipo	Eléctrico/ mecánico
Fabricante (Marca)	-
Procedencia:	-
Modelo	-
Número de serie	-
Magnitud de medida	-
Rango (Escala de medición)	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

MÁQUINA ELECTROLÍTICA DE PULIDO

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-08-EP02**
EQUIPO	Máquina Electrolítica de pulido	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Máquina Electrolítica de pulido
Tipo	Eléctrico/ mecánico
Fabricante (Marca)	Beijing TIME High Technology LTD.
Procedencia:	China
Modelo	TDPF -1
Número de serie	WJX1109
Magnitud de medida	-
Rango (Escala de medición)	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

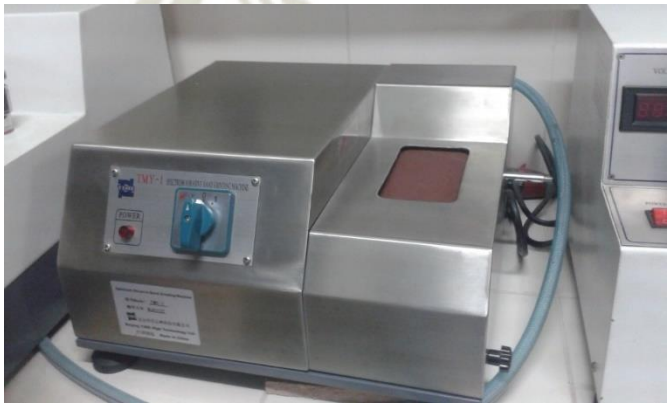
MÁQUINA ABRASIVA DE BANDA DE DESGASTE

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-08-EP03**
EQUIPO	Máquina Abrasiva de banda de desgaste	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Máquina Abrasiva de banda de desgaste
Tipo	Eléctrico/ mecánico
Fabricante (Marca)	Beijing TIME High Technology LTD.
Procedencia:	China
Modelo	TMY-1
Número de serie	WJX1127
Magnitud de medida	-
Rango (Escala de medición)	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	
Funcionamiento	

OTROS



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

MÁQUINA DE DESBASTE Y PULIDORA

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-08-EP04**
EQUIPO	Máquina de desbaste y pulidora	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Máquina de desbaste y pulidora
Tipo	Eléctrico/ mecánico
Fabricante (Marca)	Beijing TIME High Technology LTD.
Procedencia:	China
Modelo	TMP-1A
Número de serie	WJX1145
Magnitud de medida	-
Rango (Escala de medición)	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

EQUIPO PARA ENSAYO NO DESTRUCTIVO POR ULTRASONIDO

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-09-US01**
EQUIPO	Equipo para ensayo no destructivo por Ultrasonido	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Equipo para ensayo no destructivo por Ultrasonido
Tipo	Digital
Fabricante (Marca)	Karl Deutsch
Procedencia:	Alemania
Modelo	1090.301
Número de serie	21477
Magnitud de medida	-
Rango (Escala de medición)	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	2013
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

EQUIPO PARA ENSAYO NO DESTRUCTIVO POR ULTRASONIDO

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-09-US02**
EQUIPO	Equipo para ensayo no destructivo por Ultrasonido	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Equipo para ensayo no destructivo por Ultrasonido
Tipo	Digital
Fabricante (Marca)	Beijin TIME High Tecnology Ltd.
Procedencia:	China
Modelo	TUD310
Número de serie	0000012274000001
Magnitud de medida	-
Rango (Escala de medición)	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	2012
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

BALANZA DE PRECISIÓN DIGITAL 0.01 G

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**Sin codificar**
EQUIPO	Balanza de precisión digital 0.01 g	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Balanza
Tipo	Eléctrico/ Digital
Fabricante (Marca)	Kern & Sohn GmbH
Procedencia:	Alemania
Modelo	PCB 2500-2
Número de serie	WD120018258
Magnitud de medida	Gramos
Rango (Escala de medición)	0-2500g
Resolución mínima graduación	0.01 g
Fecha:	
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

YUGO MAGNÉTICO

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**Sin codificar**
EQUIPO	Yugo Magnético	
	Número de equipos:	**04**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Yugo Magnético
Tipo	Mecánico/magnético
Fabricante (Marca)	MagnaFlux
Procedencia:	
Modelo	Y-7 AC/DC
Número de serie	43560
Magnitud de medida	-
Rango (Escala de medición)	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	-
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DURÓMETRO Pedestal: LD-J/Reloj: LX-D

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**Sin codificar**
EQUIPO	Durómetro Pedestal: LD-J/Reloj: LX-D	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Durómetro
Tipo	Analógico
Fabricante (Marca)	HANDPI
Procedencia:	Chino
Modelo	Pedestal: LD-J/Reloj: LX-D
Número de serie	321105449/ 8256986376
Magnitud de medida	Dureza Shore - D
Rango (Escala de medición)	0-100
Resolución mínima graduación	1
Fecha:	2013
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DURÓMETRO Pedestal: LAC-J/Reloj: LX-A

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**Sin codificar**
EQUIPO	Durómetro Pedestal: LAC-J/Reloj: LX-A	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Durómetro
Tipo	Analógico
Fabricante (Marca)	HANDPI
Procedencia:	Chino
Modelo	Pedestal: LAC-J/Reloj: LX-A
Número de serie	33020578/ 8225001907
Magnitud de medida	Dureza shore-D
Rango (Escala de medición)	0-100
Resolución mínima graduación	1
Fecha:	2013
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

BRABENDER

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**Sin codificar**
EQUIPO	Brabender	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Brabender
Tipo	Mecánico/eléctrico
Fabricante (Marca)	
Procedencia:	Perú
Modelo	-
Número de serie	-
Magnitud de medida	-
Rango (Escala de medición)	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	2013
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PRENSA PARA FABRICACIÓN DE LÁMINAS DE POLÍMEROS

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**Sin codificar**
EQUIPO	Prensa para fabricación de láminas de polímeros	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Prensa para plásticos
Tipo	Eléctrico /mecánico
Fabricante (Marca)	
Procedencia:	Perú
Modelo	
Número de serie	
Magnitud de medida	ºC
Rango (Escala de medición)	0-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	2011
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

OSCILOSCOPIO

Ubicación	**Laboratorio De Ensayo de Materiales R – 102**	**LEM1-10-UC01**
EQUIPO	Osciloscopio	
	Número de equipos:	**01**

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	
Descripción (nombre del instrumento)	Osciloscopio
Tipo	Electrónico
Fabricante (Marca)	LIN-T
Procedencia:	China
Modelo	
Número de serie	131202
Magnitud de medida	-
Rango (Escala de medición)	-
Resolución mínima graduación	-
Fecha:	2013
Funcionamiento	

OTROS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis