

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CORMAR-DHL.

PROYECTO

“Plan de mantenimiento preventivo para montacargas eléctricos”

“Diseño de sistema de riego para zona verde”

**Informe de práctica de Especialidad para optar por el grado Licenciado en
Ingeniería en Mantenimiento Industrial**

Luis Alonso Carballo Rojas

Cartago, Junio de 2004

Profesor guía:
Ing. Alberto Romero

Asesor Industrial:
Anahys Sánchez

DEDICATORIA

A mis padres y mi familia.
Con su apoyo he logrado
dar otro paso importante en
mi vida.

Agradecimiento

Reconocimiento al Departamento de Almacenes y Distribución de Cormar- DHL, por la colaboración brindada y las facilidades presentadas para la elaboración de los proyectos expuestos en este informe.

Índice

I	Resumen.....	9
II	Introducción.....	10
III	Definición del problema.....	11
1	Descripción de la empresa.....	12
2	Conceptos teóricos utilizados en el proyecto # 1.....	16
2.1	Tipos de mantenimiento.....	16
2.1.1	Mantenimiento.....	16
2.1.2	Mantenimiento correctivo.....	16
2.1.3	Mantenimiento preventivo.....	17
2.1.4	Mantenimiento programado.....	18
2.1.5	Mantenimiento predictivo.....	18
2.1.6	Mantenimiento extraordinario.....	19
2.2	Diseño de un programa de mantenimiento preventivo.....	19
2.2.1	Selección de las máquinas que formarán parte del plan de mantenimiento preventivo.....	20
2.2.2	Valorar el grado de deterioro de las máquinas.....	20
2.2.3	Estudio técnico de las máquinas.....	20
2.2.4	Formación de archivo técnico.....	21
2.2.5	Codificación de las máquinas.....	21
2.2.6	Determinar los parámetros de funcionamiento global.....	22
2.2.7	Definir los objetivos específicos del plan de mantenimiento preventivo.....	22
2.2.8	Dividir la máquina en partes.....	22
2.2.9	Dividir las partes de la máquina en subpartes.....	22
2.2.10	Elaboración del manual de mantenimiento preventivo.....	23
2.2.11	Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada inspección.....	25
2.2.12	Calcular la disponibilidad de mantenimiento preventivo.....	25
2.2.13	Elaboración del Gantt anual.....	26
2.2.14	Organizar la ejecución de las inspecciones.....	26
2.2.15	Definir la estrategia de motivación.....	27
2.2.16	Calcular el costo total del plan de mantenimiento preventivo.....	27
2.2.17	Inicio del plan de mantenimiento preventivo.....	28
2.2.18	Evaluar el plan de mantenimiento preventivo.....	28
2.2.19	Actualizar el plan de mantenimiento preventivo.....	28
2.3	Programa de mantenimiento preventivo para montacargas eléctricos.....	29
2.3.1	Objetivo.....	29
2.3.2	Datos generales de los equipos.....	29
2.3.3	Problemas encontrados.....	32
2.4	Procedimiento a seguir para diseñar el programa de mantenimiento preventivo.....	35
2.4.1	Maquinas seleccionadas.....	35

2.4.2	Codificación propuesta.	38
2.4.3	Estado de los montacargas.	39
2.4.4	Estado de batería.	40
2.4.5	Índices de funcionamiento global.....	42
2.4.6	Diseño de las actividades para el PMP.	42
2.4.7	Necesidad de repuestos.	45
2.4.8	Costos del PMP.	46
2.4.9	Estrategia de motivación.	48
3	Conceptos teóricos utilizados en el proyecto # 2.	49
3.1	Riego de plantas.	49
3.2	El riego y su relación con el suelo y la planta.	52
3.2.1	Suelo.	52
3.2.2	Capa cultivable del suelo.	56
3.2.3	Disponibilidad de agua en el suelo.	56
3.2.4	Saturación.	57
3.2.5	Capacidad de campo.	57
3.2.6	Punto de marchitez permanente.	57
3.2.7	Agua útil.	58
3.2.8	Consumo de agua por las plantas.	58
3.3	Riego y sus métodos de aplicación.	61
3.3.1	Riego por inundación.	61
3.3.2	Subriego natural o artificial.	62
3.3.3	Riego por surcos.	62
3.3.4	Riego por goteo.	63
3.3.5	Riego por aspersión.	63
3.4	Elementos que componen un equipo de riego por aspersión.	65
3.4.1	Bomba.	65
3.4.2	Tuberías.	66
3.4.3	Aspersores o rociadores.	68
3.4.4	Accesorios.	70
3.5	Trazo o colocación de tuberías.	71
3.5.1	Diseño de tuberías laterales, múltiples y principales.	71
3.6	Metodología.	73
3.6.1	Cálculo de lámina de riego.	73
3.6.2	Frecuencia de riego.	74
3.6.3	Selección del aspersor.	74
3.6.4	Cálculo de los espaciamientos.	74
3.6.5	Cálculo de intensidad de aplicación (pluviometría).	75
3.6.6	Cálculo de tiempo de riego por sector.	75
3.6.7	Tiempo total de riego.	75
3.6.8	Determinación del número de sectores de riego.	76
3.6.9	Forma de riego.	76
3.6.10	Tipo de válvula a utilizar.	76
3.6.11	Cálculo del caudal del sistema.	76
3.6.12	En caso de riego automático.	76

3.6.13	Cálculo de diámetros y pérdidas en las tuberías	77
3.6.14	Cálculos de carga dinámica total.....	77
3.6.15	Lista de materiales.....	78
3.6.16	Instalación del sistema de riego.....	78
3.7	Resultados.....	78
3.7.1	Lámina de riego.....	79
3.7.2	Selección del aspersor.....	79
3.7.3	Espaciamiento entre aspersores.....	81
3.7.4	Pluviometría.....	81
3.7.5	Tiempo de riego por sector.....	82
3.7.6	Tiempo total de riego.....	82
3.7.7	Diámetros y pérdidas en la tubería.....	83
3.7.8	Tubería principal.....	87
3.7.9	Carga dinámica.....	88
3.7.10	Controlador del proyecto	89
3.7.11	Lista de materiales.....	90
4	Conclusiones y recomendaciones.....	91
4.1	Conclusiones proyecto #1.....	91
4.2	Recomendaciones proyecto #1	92
4.3	Conclusiones proyecto #2.....	93
4.4	Recomendaciones proyecto #2.....	93
5	Bibliografía.....	94
6	ANEXOS.....	95
6	96
6.1	MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	96
6.2	HOJA DE INSPECCIÓN 100 HORAS	103
6.3	HOJA DE INSPECCIÓN DIARIA	107
6.4	HOJA DE INSPECCIÓN DE BATERÍAS	110
6.4	111
6.5	GANTT ANUAL.....	112
6.6	HOJAS DE INSPECCIONES REALIZADAS POR LOS USUARIOS	114
6.7	REPUESTOS PARA INSPECCIONES	117
6.8	COEFICIENTES DE “C” Y “F”, UTILIZADOS EN LA FORMULA DE PERDIDAS DE HAZEN-WILLIAMS.....	120
6.9	DIÁMETROS COMERCIALES DE TUBERÍAS DE PVC EN RELACION CON EL SDR.....	122
6.10	CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFUSORES UTILIZADOS EN EL PROYECTO	124
6.11	VÁLVULAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO	128
6.11	131
6.12	CONTROLADOR UTILIZADO EN EL PROYECTO.....	131
6.13	PLANOS	133

TABLAS

Tabla 2-1. Capacidades de carga y altura de levante de montacargas Raymond #1	35
Tabla 2-2. Capacidades de carga y altura de levante de montacargas Raymond #2	36
Tabla 2-3. Capacidades de carga y altura de levante de montacargas Raymond #3	37
Tabla 2-4. Capacidades de carga y altura de levante de montacargas Raymond #4	37
Tabla 2-5. Propuesta de codificación de familias	38
Tabla 2-6. Codificación propuesta para montacargas Raymond	38
Tabla 2-7. Problemas encontrados en montacargas Raymond #1	39
Tabla 2-8. Problemas encontrados en montacargas Raymond #2	39
Tabla 2-9. Problemas encontrados en montacargas Raymond #3	40
Tabla 2-10. Problemas encontrados en montacargas Raymond #4	40
Tabla 2-11. Problemas encontrados en batería #1	40
Tabla 2-12. Problemas encontrados en batería #2	41
Tabla 2-13. Problemas encontrados en batería #3	41
Tabla 2-14. Problemas encontrados en batería #4	41
Tabla 2-15. Problemas encontrados en batería #5	41
Tabla 2-16. Problemas encontrados en batería #6	41
Tabla 2-17. Costos de mantenimiento preventivo anual para montacargas eléctricos Raymond	46
Tabla 3-1. Características de caudal y presión para boquilla 10-VAN	79
Tabla 3-2. Características de caudal y presión para boquilla 15-MPR (cuadrado)	80
Tabla 3-3. Características de caudal y presión para boquilla 10-VAN	81
Tabla 3-4. Características por tramo de tubería en la zona A (diámetro, longitud, pérdidas)	84
Tabla 3-5. Características por tramo de tubería en la zona B, sección 1 (diámetro, longitud, pérdidas)	85
Tabla 3-6. Características por tramo de tubería en la zona B, sección 2 (diámetro, longitud, pérdidas)	86
Tabla 3-7. Características por tramo de tubería en la zona C (diámetro, longitud, pérdidas)	87
Tabla 3-8. Lista de materiales para proyecto de riego	90

I Resumen.

El siguiente trabajo consiste en diseñar e implementar un programa de mantenimiento preventivo para montacargas eléctricos marca Raymond y un diseño de un sistema de riego para la zona del parqueo de la empresa CORMAR-DHL, la cual está ubicada en la Aurora de Heredia.

Para el diseño del plan de mantenimiento preventivo se procedió de la siguiente manera:

- Estudiar la situación actual de la empresa.
- Estudiar las partes y funcionamiento del montacargas.
- Realizar el manual de mantenimiento.
- Realizar la documentación necesaria.

Para el diseño del sistema de riego se procedió de la siguiente manera:

- Realizar un levantamiento topográfico del lugar.
- Se diseñó el sistema de riego que más se adapta al terreno.
- Se realizó una lista de materiales para realizar el proyecto.

II Introducción.

Este trabajo se realizó en las instalaciones de la empresa Cormar-DHL como requerimiento para obtener el grado de Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Los proyectos consisten en el diseño y elaboración de un Programa de Mantenimiento Preventivo para montacargas eléctricos marca Raymond y un diseño de un sistema de riego para la zona verde del parqueo de las instalaciones.

En el caso del Programa de Mantenimiento Preventivo para montacargas, se diseñó para ser implementado por medio de la contratación de un proveedor del servicios que se especialice en este tipo de trabajos. Se inició con un análisis de la situación inicial, (problemas), luego se buscó toda la información posible de los montacargas (manuales, libros, etc) para así conocer el equipo y su funcionamiento, y establecer las actividades de mantenimiento así como la frecuencia con que se van a realizar.

Para el diseño del sistema de riego se realizó un levantamiento topográfico del terreno a fin de conocer medidas y niveles de altura de la zona verde, para evaluar las ganancias o pérdidas de presión relacionadas con la altura y la longitud de tubería. El sistema está diseñado para trabajar con difusores marca Rainbird de la serie 1800, con diferentes tipos de boquillas y así garantizar un uso eficiente del agua. Como fuente de agua se utilizará una toma de agua suministrada por la Proveduría de Servicios Públicos con suficiente presión y caudal para abastecer el sistema.

III Definición del problema.

La empresa Cormar-DHL es una empresa dedicada a la logística, para ello cuenta con bodegas para satisfacer las necesidades de los clientes. El trabajo se realiza con una flotilla de 21 montacargas, unos de combustión (gasolina y gas) y otros eléctricos. La empresa se ha dado cuenta que se está produciendo un gasto excesivo en cuanto al mantenimiento de equipo, el problema es que no se puede saber que máquinas tienen más problemas, ya que todo va a un centro de costo. Para llevar un mejor control del mantenimiento se pretende iniciar con un plan de mantenimiento preventivo para montacargas eléctricos Raymond, y después seguir con los demás montacargas de la empresa.

La compañía también cuenta con una zona verde que adorna el parqueo de los empleados, que por las condiciones climáticas y especialmente en el verano es difícil mantener su buen estado. Se cuenta con una toma de agua suministrada por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia con la cual se tienen algunas salidas de agua para realizar el riego. Este trabajo lo lleva a cabo el personal de mantenimiento del edificio con mangueras y aspersores. Los aspersores utilizados ocupan mucha presión para trabajar correctamente, por lo que solo se pueden colocar uno o dos al mismo tiempo, por tanto se requiere de mucho tiempo para regar toda la zona. Con un buen sistema de riego el personal de mantenimiento podrá ocuparse en otras tareas.

CAPITULO 1.

1 Descripción de la empresa.

Logística:

Es el proceso de planeación, implementación y control del flujo de mercadería e información relacionada, desde el punto de origen hasta su entrega final. El proceso para que la mercadería llegue a destino satisfactoriamente en el tiempo requerido demanda de muchos intermediarios. Se necesita: transporte marítimo, terrestre o aéreo, agenciamiento aduanero, almacén fiscal, transporte local para que la carga llegue a las bodegas y luego preocuparse del control de sus inventarios y el envío de mercadería a los clientes.

Cormar-DHL, es en la actualidad una empresa líder en servicios de logística en la región centroamericana. Desde 1966, ha llevado la bandera de la innovación en el sector, concentrando sus esfuerzos en la búsqueda de satisfacer a un mercado cada vez más exigente mediante un servicio diferenciado, integrado y de calidad.

Por la necesidad de dar soluciones integradas a los clientes ha llevado a desarrollar nuevos negocios con socios estratégicos en cada país de Centroamérica y a implementar un plan de desarrollo regional, contando para finales de 1999 con oficinas en México a través de su subsidiaria ARWEST en Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá como Cormar-DHL, dándole a las empresas con negocios en el istmo, una solución regional en servicios logística.

Cormar-DHL en Costa Rica posee más de 35 años de experiencia, introduciendo alta tecnología, controles de calidad, e infraestructura de avanzada para satisfacer las necesidades de sus clientes. Los servicios de logística que se ofrecen en Costa Rica son:

Bodega para carga marítima.

Almacén Fiscal Cormar y Cormar Cail. (Para carga consolidada y contenedores completos), La Uruca. Con patios para el almacenaje fiscal de autos y equipos de intemperie.

Bodega para carga aérea.

Terminales Santamaría. Ubicada a un costado de la rampa del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. Cuenta con:

- Almacén fiscal en el aérea de carga de la terminal del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.
- Código de Barras y localización por radio-frecuencia
- Seguridad
- Circuito cerrado de CCTV
- Sistema contra incendios

Transporte internacional aéreo y marítimo.

Transporta la carga desde cualquier parte del mundo ya sea marítimo o aéreo, se cuenta con oficinas totalmente equipadas con Logisâ y software para el control de las operaciones.

Se tiene el programa SICA, que ayuda en las operaciones aéreas en: corte de guías, preparación de póliza de exportación, certificados fitosanitarios, certificados de origen, facturación, reportes del CASS y base de datos por cliente.

Agenciamiento Aduanal.

Como auxiliar de la función pública aduanera se cuenta con oficinas en cada aduana del país con personal experimentado.

Almacenaje.

Se tienen tres almacenes fiscales y generales de depósito, debidamente autorizados y equipados para el manejo de inventarios, con personal profesional que asegura la tranquilidad de que la mercadería sea manejada adecuadamente.

Su principal almacén Terminal Logística Cormar ubicado en La Aurora de Heredia se especializa en el Manejo y Administración de Inventarios (MAI) donde se almacena y maneja inventarios, se etiqueta y se despacha la mercancía a las bodegas del cliente de los clientes. Posee tres bodegas, con aproximadamente 3000 m² cada una. Y una bodega adicional de 6000 m². Las bodegas tienen andenes internos, inyección y extracción de aire, para mantener la bodega limpia, controlar la temperatura y crear cierta presión de aire positiva dentro de la misma. En el departamento de servicio, se etiqueta y se preparan ofertas con todos aquellos productos que así lo requieran, incluyendo: Registros Sanitarios, Textos Legales, Códigos de barras COD, Reempaque y otras ofertas.

El segundo Almacén Fiscal está ubicado en La Uruca, tiene un área de patios de 7000 m², área para el almacenamiento fiscal y general de: 2000 m². Capacidad para el almacenamiento de 500 vehículos. En este almacén se reciben alrededor de 500 contenedores, 1950 vehículos ingresan anualmente. Se mueven 2800 toneladas por año, con un ingreso de 180,000 bultos. En este Almacén se encuentra el taller especializado para la fabricación de embalaje industrial. Este taller cuenta con equipo especializado para la confección de embalaje industrial así como con protección especial para sus operarios.

El tercer Almacén Fiscal Cormar Cail, ubicado en La Uruca frente a Faco, tiene un total de 3 bodegas con 3100 m² para almacén general y 6000 m² para almacén fiscal para un total de 9100 m² de bodegas. Una de estas bodegas está especializada en el manejo de químicos. Este almacén cuenta con una área de patios de 7000 m², con capacidad de almacenar hasta 500 vehículos.

Transporte Terrestre Local.

Para brindar este servicio se cuenta con 32 unidades que van desde furgones de 48' pies hasta móviles de 1/2 tonelada. Se tiene el servicio de transporte a cualquier parte en el país. Se atienden proyectos especiales tales como transporte de cargas sobre-dimensionadas ("low boys", grúas, montacargas y demás equipos especiales). También se da soporte en la descarga y transporte de mercancías en operación de barcos.

Se presta servicio las 24 horas del día los 365 días del año. Además de la flotilla propia Cormar-DHL subcontrata la cantidad de equipo que se necesite para atender sus operaciones asegurando la misma calidad en el servicio y su responsabilidad en el mismo.

CAPITULO 2.

Programa de mantenimiento preventivo para montacargas eléctricos Raymond.

2 Conceptos teóricos utilizados en el proyecto # 1.

2.1 Tipos de mantenimiento.

2.1.1 Mantenimiento.

Se define mantenimiento a toda aquella actividad tendiente a mantener y conservar el estado de funcionamiento, de los distintos medios de producción o prestación de servicios. Estas actividades deben realizarse en el menor tiempo posible y al menor costo.

2.1.2 Mantenimiento correctivo.

Es un tipo de mantenimiento que consiste en la localización de una falla y solución inmediata de fallas ocurridas en las máquinas. Entre sus características se encuentran:

- Se presenta normalmente en periodos de producción.
- Se trabaja a partir de la falla.
- La solución de la falla se debe realizar lo más rápido posible, para que la máquina esté parada el menor tiempo.

Este mantenimiento es el más utilizado ya que no requiere una compleja administración, pero tiene grandes desventajas como son:

- Los paros de producción son grandes, lo que aumenta los costos.

- La corrección de fallas, únicamente, cuando el equipo no funciona, provoca un deterioramiento de la máquina más rápido que con una intervención de mantenimiento más frecuente.
- Aumento en los costos de mantenimiento (compra de repuestos de emergencia, pago de horas extra, etc).

2.1.3 Mantenimiento preventivo.

Es la conservación planeada de los activos y planta física de la empresa, mediante un plan de inspecciones periódicas que tienen como objetivo principal, el detectar fallas o averías en su etapa inicial para proceder a su corrección en el tiempo oportuno con el fin de obtener en el equipo un máximo rendimiento a un menor costo. Este tipo de mantenimiento tiene muchas ventajas que pueden ser aplicadas en empresas grandes o pequeñas. Entre las ventajas se encuentran:

- La maquinaria opera con mayores condiciones de seguridad lo que minimiza los accidentes y el tiempo.
- Se ocasiona una menor cantidad de tiempo perdido, por concepto de paros de emergencia en la maquinaria.
- Hay menos reparaciones a gran escala, pues las fallas disminuyen cuando se previenen éstas mediante reparaciones oportunas.
- Se puede determinar cuáles equipos están ocasionando gastos excesivos.

Dentro de las observaciones para realizar un plan de mantenimiento se pueden encontrar:

- Requiere de un sistema de alto grado de conocimiento y organización.
- Los logros de este tipo de mantenimiento no van a ser inmediatos, sino que serán observados a largo plazo.
- Al inicio del plan, el costo de capacitación es alto.

2.1.4 Mantenimiento programado

Es el tipo de mantenimiento que se basa en la ejecución de trabajos planificados que no pertenecen a un plan de mantenimiento preventivo. Estas labores pueden ser:

- Trabajos producto de una inspección de mantenimiento preventivo.
- Modificaciones al equipo.
- Reparaciones (propias de un taller de mantenimiento) a reductores, bombas, motores eléctricos, etc.
- Programas de trabajo para fines de semana.
- Programas para reparaciones de maquinaria aprovechando algún paro de producción.

2.1.5 Mantenimiento predictivo.

Es un tipo de mantenimiento basado en la medición periódica de la condición de la máquina mientras se encuentra en funcionamiento, utilizando instrumentos y técnicas especializadas con el objetivo de detectar desgastes conducentes a fallas y corregirlos. Este tipo de mantenimiento es una forma de mantenimiento preventivo; requiere planificación, programación y control, además de establecer las verificaciones que se deseen realizar (vibraciones, consumos de corriente, condición de los aceites, espesores de pared en tuberías, fisuras internas).

Otro aspecto que debe ser analizado cuando se piensa poner en funcionamiento un mantenimiento predictivo es el referente al operario que efectuará las mediciones, ya que es él el que usará el instrumento, interpretará los resultados y los relacionará con el mecanismo inspeccionado. La eficiencia con que el inspector realice su trabajo indicará notablemente el éxito del mantenimiento predictivo.

2.1.6 Mantenimiento extraordinario.

Es el tipo de mantenimiento relacionado con trabajos esporádicos, cuya importancia y costo es alto, por lo que es necesario considerarlos separadamente de los trabajos de mantenimiento. Estas labores pueden ser:

- Montaje o sustitución de maquinaria.
- Modificaciones importantes al equipo.
- Reparación y modificación completa.

2.2 Diseño de un programa de mantenimiento preventivo.

Para diseñar un plan de mantenimiento preventivo se debe realizar una serie de etapas para ejecutarlo de una forma eficiente y efectiva. (Valverde, J. 2001)

Entre estas etapas se tienen:

1. Selección de las máquinas que formarán parte del plan de mantenimiento preventivo.
2. Valorar el grado de deterioro de las máquinas.
3. Estudio técnico de las máquinas.
4. Formación de archivo técnico.
5. Codificación de las máquinas.
6. Determinar los parámetros de funcionamiento global.
7. Definir los objetivos específicos del plan de mantenimiento preventivo.
8. Dividir la máquina en partes.
9. Dividir las partes de la máquina en subpartes.
10. Elaboración del manual de mantenimiento preventivo.
11. Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada inspección.
12. Calcular la disponibilidad de mantenimiento preventivo.
13. Elaboración del Gantt anual.
14. Organizar la ejecución de las inspecciones.
15. Definir la estrategia de motivación.

16. Calcular el costo total del plan de mantenimiento preventivo.
17. Inicio del plan de mantenimiento preventivo.
18. Evaluar el plan de mantenimiento preventivo.
19. Actualizar el plan de mantenimiento preventivo.

2.2.1 Selección de las máquinas que formarán parte del plan de mantenimiento preventivo.

La selección se puede realizar tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Importancia de las máquinas en el proceso productivo.
- Costo de la falla.
- Nivel de organización producción-mantenimiento.
- Disponibilidad de información acerca de las maquinas.
- Plan piloto.

2.2.2 Valorar el grado de deterioro de las máquinas.

Consiste en la realización de un estudio técnico para determinar el estado actual de las máquinas. Formarán parte del plan aquellas máquinas con un grado de deterioro normal.

La valoración del grado de deterioro se podrá realizar de dos formas:

1. Ponderando el deterioro de cada una de las partes de la máquina.
2. Comparando los parámetros de funcionamiento global.

2.2.3 Estudio técnico de las máquinas.

Esta etapa involucra el estudio detallado de catálogos, planos, manuales de funcionamiento e historial de las máquinas, ya que para realizar un plan de mantenimiento preventivo se debe conocer la máquina.

2.2.4 Formación de archivo técnico.

En este archivo se debe reunir toda la información técnica referente a las máquinas, por ejemplo, manuales de funcionamiento, catálogo de partes, planos de instalación, diagramas de control eléctrico, historial de reparaciones y hoja de datos técnicos.

2.2.5 Codificación de las máquinas

Consiste en realizar una clasificación de la máquina y clases o grupos de acuerdo con las características y semejanzas entre ellas. Se debe diseñar una codificación que permita identificar claramente cada una de las máquinas.

Objetivos de la codificación.

- Identificar con claridad el objeto codificado
- Ofrecer brevedad en la lectura y transcripción de nombre a partir del objeto codificado.
- Recoger mediante un pequeño número de símbolos, un gran número de datos capaces de prestar detalladamente las características del objeto.

Establecimiento de códigos.

Algunos principios fundamentales en el establecimiento de códigos son:

- No debe haber errores de escritura.
- Debe ser claro y simple.
- El código debe usarse tal y como se diseñó.
- Todo el personal debe conocerlo.

Método para codificación.

Se puede codificar mediante cuatro métodos:

- Método alfabético.
- Método numérico.
- Método alfanumérico.
- Método por colores.

2.2.6 Determinar los parámetros de funcionamiento global.

Se trata de identificar aquellos parámetros que pueden reconocer la eficiencia global de la máquina. Estos parámetros están muy relacionados con el aporte de la máquina en el proceso productivo. La determinación de estos parámetros será la base para la evaluación del plan de mantenimiento preventivo.

2.2.7 Definir los objetivos específicos del plan de mantenimiento preventivo.

El propósito es escribir y cuantificar las expectativas del plan de mantenimiento preventivo. Partiendo de la situación actual, se deben estimar las mejoras que se esperan con la aplicación del plan. La determinación de estos objetivos ayudará a la evaluación del plan.

2.2.8 Dividir la máquina en partes.

Con ésta etapa se pretende desglosar la máquina y formar una lista de partes.

2.2.9 Dividir las partes de la máquina en subpartes.

Con este procedimiento se pretende desglosar las partes de la máquina y permitirá formar una lista de subpartes por cada parte, y además, una mejor idea de la globalidad de la máquina.

2.2.10 Elaboración del manual de mantenimiento preventivo.

El manual contiene toda la información acerca de las inspecciones y está formado fundamentalmente por:

- Nombre y código de la máquina.
- Nombre y código de la parte.
- Nombre y código de la subparte.
- Código de la inspección.
- Descripción de la inspección.
- Frecuencia de la inspección.
- Duración de la inspección.
- Operarios por inspección (cantidad y especialidad).

Descripción de la inspección.

Se deberán diseñar las inspecciones que se consideren necesarias para cada una de las subpartes, de esta forma, poco a poco, se creará una lista de inspecciones de toda la máquina.

Frecuencia de la inspección.

Se refiere al número de veces que la inspección se deberá realizar dentro de un tiempo de referencia. El periodo se refiere a cada cuanto se tiene que realizar la inspección.

Criterios para determinar las frecuencias.

1. Recomendaciones del fabricante de la máquina.
2. Ambiente que rodea la máquina.
3. Horas de funcionamiento.
4. Intensidad de funcionamiento.
5. Historial.
6. Experiencia del personal técnico.
7. Costo de falla.
8. Ocurrencia de daños humanos.
9. Daños al medio ambiente.
10. Ocurrencia de fallas en cadena.
11. Juicio del diseñador del plan de mantenimiento.

Duración para la inspección.

Se debe determinar para cada inspección su duración estimada. Normalmente la duración se expresa en minutos. La duración de cada inspección es fundamental para realizar la programación anual de las inspecciones

Técnicos para cada inspección.

Se refiere a la cantidad y especialidad de los operarios que se requieren para realizar las inspecciones. Se debe determinar para cada inspección, la cantidad y especialidad de los operarios requeridos para ejecutarla. Normalmente se indica, la cantidad y el código de la especialidad.

2.2.11 Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada inspección.

Esta determinación se refiere al cálculo de la cantidad de repuestos por año que se necesitan por inspección. Se debe determinar para cada inspección, el tipo y la cantidad de repuestos requeridos para ejecutarla. Se debe analizar la descripción y la frecuencia de la inspección y así determinar la cantidad de repuestos.

2.2.12 Calcular la disponibilidad de mantenimiento preventivo.

La disponibilidad se puede expresar en horas o minutos. Representa la cantidad total de horas o minutos por semana, que se tienen para realizar las inspecciones. La disponibilidad se debe calcular por sección productiva y especialidad.

Se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Tiempo de no producción (TNP): Se refiere a las horas o minutos por semana, que las máquinas están paradas, según sus horarios de trabajo. Se debe determinar por sección productiva. Para determinar este factor se debe estudiar el proceso productivo.
- Técnicos disponibles (TED): Determinar si durante el TNP hay personal de mantenimiento. Si existe personal, se debe estimar la cantidad de operarios por especialidad, que se destinarán para realizar las inspecciones.
- Tiempo de no producción equivalente (TNP(e)): Es un tiempo de no producción que depende del número de operarios asignados para trabajar en mantenimiento preventivo.

$$TNP(e) = TNP * TED$$

- Cálculo de la disponibilidad para mantenimiento preventivo: Cuando dentro del tiempo de no producción se realicen trabajos que correspondan a otros tipos de mantenimiento, por ejemplo, trabajos derivados de mantenimiento correctivo temporal o trabajos de mantenimiento programado, el cálculo de la disponibilidad debe considerar estos tiempos.

$$DMP = TNP(e) - TOT$$

TOT= tiempo para otros trabajos

Una vez calculada la DMP se elabora el Gantt anual y se determina que todas las inspecciones fueron programadas. Si existen inspecciones no programadas, éstas se deben valorar y decidir si es necesario ejecutarlas o no.

El cálculo de la DMP será válido, siempre y cuando no se tengan inspecciones, cuya duración sea mayor al TNP.

2.2.13 Elaboración del Gantt anual.

Consiste en la programación de las inspecciones. El Gantt anual es cuadro que permite la distribución en el tiempo, de las inspecciones. Normalmente el Gantt anual se divide en las 52 semanas del año. Las inspecciones se programarán en las diferentes semanas de año, según su periodo, frecuencia y la disponibilidad que exista para ejecutar el mantenimiento preventivo.

El Gantt anual puede realizarse con una programación “inspección por inspección” o se puede realizar también por “grupo de inspecciones”

2.2.14 Organizar la ejecución de las inspecciones.

Esta etapa consiste en la definición del procedimiento administrativo y el diseño de la documentación necesaria para ejecutar las inspecciones. Procedimiento administrativo que involucra el diseño de un flujograma columnar, que tome en cuenta todos los conceptos de forma y contenido relacionados con el diseño de los procedimientos. La documentación incluye el diseño de los documentos que se realizaran para solicitar la ejecución de las inspecciones, registrar la retroalimentación técnica, el historial de las reparaciones y los datos técnicos.

2.2.15 Definir la estrategia de motivación

Busca la mejor manera de involucrar a los participantes en el plan de mantenimiento y crear conciencia de la importancia del mismo. La estrategia utilizada, debe lograr que los jefes de taller y operarios se sientan parte del plan de mantenimiento. Se deben realizar reuniones para informar acerca de los beneficios, funcionamiento y objetivos del plan de mantenimiento.

2.2.16 Calcular el costo total del plan de mantenimiento preventivo

Normalmente este cálculo se realiza para un año de ejecución del plan. Por lo tanto, los costos de mano de obra y repuestos serán costo/año.

El cálculo se debe hacer inspección por inspección. Determinando costo mano de obra y repuestos para cada inspección.

1. Cálculo de la mano de obra.

Fórmula para calcular el costo de la mano de obra de una inspección.

$$CMO = D * CHH * F$$

CMO = Costo de mano de obra.

D = Duración de la inspección.

F = Frecuencia de la inspección.

CHH = Costo de la hora-hombre.

2. Cálculo de los repuestos.

Fórmula para calcular el costo de repuestos de una inspección.

$$CRE = CRA * CUT$$

CRE = Costo de los repuestos.

CRA = Cantidad de repuestos por año.

CUT = Costo unitario.

3. Cálculo del costo total del Programa de Mantenimiento Preventivo.

El costo total del programa de mantenimiento preventivo se obtiene sumando el costo de mano de obra de todas las inspecciones más el costo de repuestos de todas las inspecciones.

Fórmula para calcular el costo total del programa de mantenimiento preventivo.

$$CTMP = CTMO + CTRE$$

CTMP = Costo total del programa de mantenimiento preventivo.

CTMO = Costo de mano de obra de todas las inspecciones.

CTRE = Costos de repuestos de todas las inspecciones.

2.2.17 Inicio del plan de mantenimiento preventivo.

La gerencia debe anunciar oficialmente el inicio del plan. Se debe registrar oficialmente la fecha de inicio del plan de mantenimiento ya que esta fecha será referencia en la cuantificación de los resultados del plan de mantenimiento.

2.2.18 Evaluar el plan de mantenimiento preventivo.

Un criterio para evaluar los resultados del plan de mantenimiento es registrar los parámetros de funcionamiento global, porque estos se pueden graficar en el tiempo y observar su comportamiento.

2.2.19 Actualizar el plan de mantenimiento preventivo

Esta etapa pretende resaltar la importancia de dar un seguimiento detallado al plan de mantenimiento preventivo. La actualización indica la necesidad de que cada vez que se cumpla un ciclo de ejecución del plan, éste se debe revisar, ajustar y mejorar antes de iniciar un nuevo ciclo.

2.3 Programa de mantenimiento preventivo para montacargas eléctricos.

2.3.1 Objetivo.

Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para los montacargas eléctricos marca Raymond, a implementarse mediante la contratación de servicios garantizando que la empresa contratada lo haga de forma adecuada y que además se obtenga una retroalimentación efectiva y práctica.

2.3.2 Datos generales de los equipos.

MONTACARGAS RAYMOND.

La característica principal de estos montacargas es que son eléctricos, por lo que su diseño y su mantenimiento son un poco diferentes en comparación con los montacargas convencionales de gasolina y de gas. Estos montacargas cuentan con una batería de 1000 amperios que le proporciona la energía necesaria para trabajar 8 horas diarias según las recomendaciones del fabricante, y que además necesita de 6 a 8 horas para recargarse. Cada batería tiene un ciclo de vida de entre 1500 y 2100 ciclos, donde un ciclo es una carga completa más una descarga completa (1carga + 1 descarga). Por el movimiento de mercadería en las bodegas los montacargas trabajan entre 10 y 12 horas diarias, por tanto hay momentos en que la batería se descarga y hay que cargarla parcialmente para poder terminar el trabajo del día, lo que ocasiona que se acorten los ciclos de vida de la batería.

El montacargas cuenta con un motor eléctrico de tracción, el cual es el encargado de mover al montacargas. Está diseñado para trabajar sólo cuando se necesita movilizar el montacargas de un lugar a otro, lo que ocasiona el arranque y paro constante del motor, que resulta en un sobrecalentamiento del motor, el cual, al estar muy cerca del operador, causa molestia por el calor generado. Para combatir este problema, se le ha instalado un ventilador a algunos montacargas para que ayude a remover el flujo de calor que se genera por el motor.

El montacargas cuenta con un sistema de tarjetas electrónicas, que son las encargadas de controlar las funciones del montacargas como son el levantar, bajar, conducir, etc. También está diseñado en función del mantenimiento, ya que éste realiza una auto prueba a la hora de encender el montacargas, en la cual indica las horas con el montacargas encendido, las horas con el pedal de hombre muerto presionado, las horas levantando cargas y los kilómetros recorridos; también indica si existe un problema en su funcionamiento mediante un código mostrado en un display. Por ejemplo, un sobrecalentamiento del motor de levante, muestra el código 12 en el display. Con esto se puede responder rápida y efectivamente ante problemas de los montacargas.

BATERIAS

Estas baterías son de la compañía C & D Technologies y están diseñadas para dar servicio por 2000 ciclos de carga / descarga. Con el apropiado mantenimiento su vida útil se puede extender. A la inversa, el descuido acorta la vida de la batería sustancialmente.

Construcción.

La construcción interna es muy similar a las baterías de los automóviles, el compartimiento está dividido en celdas, donde cada celda contiene un set alternado de platos positivos y negativos igualmente espaciados. Siempre hay un plato negativo más que los platos positivos. Los platos positivos están conectados en paralelo y los negativos de igual forma. Los elementos de las celdas están totalmente sumergidos en una solución de ácido sulfúrico, llamado electrolito. El número de celdas que constituye la batería depende del voltaje que se necesita y todas las celdas están conectadas en serie.

Prácticas de carga y descarga.

Descargar la batería por debajo de los límites preestablecidos hace que la recarga sea mas difícil, con lo cual se necesita más tiempo para recargarla, provocando que la batería trabaje más de su capacidad de diseño. Cuando esto ocurre puede que no se tenga suficiente tiempo para cargar completamente la batería y deba ser retornada al servicio antes que esté totalmente recargada. Una batería que no es cargada completamente y puesta en servicio es probable que tenga una sobre descarga mayor al final del trabajo.

Si se quiere un rendimiento optimo de la batería, debería trabajar hasta que su descarga no sea mayor a un 80% de su capacidad, logrando que el cargador recargue la batería en 8 horas o menos.

2.3.3 Problemas encontrados

Al iniciar con el programa de mantenimiento preventivo se comprobó que la empresa no cuenta con los manuales de mantenimiento y ni catálogos de partes que son suministrados por el fabricante cuando se compra un equipo, solo se contaba con el manual de operación. Por lo tanto, se tuvo que pedir prestado los manuales a una compañía hermana de CORMAR llamada Terminales Santamaría, la cual cuenta con 5 montacargas Raymond, que aunque los modelos son diferentes, son muy parecidos tanto en sus partes como en su mantenimiento.

Se han encontrado algunos problemas en cuanto al mantenimiento, en donde el problema principal es que la empresa no cuenta con un lugar apropiado para dar un mantenimiento correcto y eficaz, tanto para los montacargas como para las baterías, ya que el espacio destinado para mantenimiento es donde se recargan las baterías, esto, dentro de la bodega, y no cuenta con algunos requerimientos para dar un buen mantenimiento. Entre estos se encuentra:

- Buena iluminación: para realizar las inspecciones se debe tener una adecuada iluminación.
- Instalación de agua: para realizar el mantenimiento de la batería, se necesita lavar con agua la parte superior de la batería.
- Instalación eléctrica para conectar equipo pesado (compresor): para dar un mantenimiento adecuado se debe usar aire comprimido para limpiar ciertos puntos del montacargas, especialmente, los motores.
- Debe tener drenaje: al usarse agua para lavar las baterías, es lógico que en su proceso se realicen charcos de agua que necesitan drenaje.
- Debe tener un pozo: para realizar los cambios de aceite.
- Ventilación apropiada: cuando la batería está cargando, libera gases explosivos que necesitan ser ventilados por razones de seguridad.

La empresa cuenta con tres cargadores para sus cuatro montacargas, lo que origina problemas a la hora de cargar las baterías y aunque se cuenta con una batería extra que se mantiene cargando durante el día, ésta se encuentra en malas condiciones, por lo tanto el montacargas no trabaja apropiadamente. También hay momentos que por el mismo trabajo, se utilizó la batería extra al final del día, ocasionando que un montacargas se quede sin cargar la batería, ya que la batería descargada se estará cargando, dejando dos cargadores libres, para los tres montacargas restantes. Además, el cambio de batería es un trabajo pesado ya que se necesita otro montacargas para realizar el cambio.

También se encontró que en la bodega 2 hay un desgaste excesivo de las ruedas de carga, esto porque la bodega tiene tarimas de doble fondo para el acomodo del producto provocando que el montacargas deba entrar más entre los racks y las ruedas golpean con los pernos de las bases produciendo un rápido deterioro de las ruedas. También hay lugares dentro de la bodega donde el piso está deteriorado provocando un desgaste mayor de todas las ruedas.

Las baterías necesitan limpieza ya que recogen mucha suciedad y polvo, y dependiendo del ambiente y el tipo de materiales que se maneja, provoca que se convierta en un conductor eléctrico, lo que ocasiona fugas de voltaje a la carcasa del montacargas; esto degrada la batería y la operación del montacargas. No se cuenta ni con la instalación ni con el mantenimiento apropiado, y para esto se necesita agua y aire comprimido para lavar y secar la batería.

Otro punto es que los montacargas no pueden ser trasladados a un lugar de servicio por alguna reparación, porque no pasan por la puerta, y las reparaciones se deben realizar dentro de las bodegas, ocupando espacio importante para la operación de la bodega.

Hay momentos en que los mecánicos que dan el servicio son presionados para que entreguen el montacargas lo más rápido posible y así continuar con su trabajo. Esta presión provoca que los mecánicos no trabajen cómodos y puede ocasionar que no se realice una inspección apropiada que puede resultar en una falla en el montacargas.

En cuanto a la administración de mantenimiento, se tiene un procedimiento de mantenimiento de equipo (montacargas, baterías, carretillas) el cual varia dependiendo de la bodega, por ejemplo, en la bodega de PROCTER & GAMBLE se tiene un mantenimiento preventivo aplicado por el usuario (hojas de inspección para montacargas y baterías) (Anexo 6), un mantenimiento preventivo aplicado por el proveedor de servicio de mantenimiento y mantenimiento correctivo aplicado por el proveedor de servicio de mantenimiento (cada uno de estos tiene un pequeño procedimiento a seguir). También se tiene un historial de los equipos administrados por cada bodega, donde el jefe, supervisor o el encargado de operaciones es el responsable de recolectar la información, pero en bodega 1 se encontró que el historial de años anteriores se encuentra desordenado y faltan algunos reportes de mantenimiento, en bodega 2 se encontró que sí tenían casi todos los reportes de mantenimiento. A las hojas de las inspecciones se les pueden mejorar su diseño para una recolección de datos más eficientes para actuar de forma adecuada en cuestión de mantenimiento.

También se debe mejorar el control de los costos de mantenimiento, ya que solo se pueden conseguir los costos totales de mantenimiento por departamento. Se debería tener la información de cuánto dinero se ha invertido por montacargas en cuestiones de mantenimiento preventivo y correctivo.

2.4 Procedimiento a seguir para diseñar el programa de mantenimiento preventivo.

2.4.1 Maquinas seleccionadas.

Las máquinas seleccionadas para implementación del programa de mantenimiento preventivo son usadas en el proceso de carga, descarga y acomodo de la mercadería de las bodegas:

Unidad #1

Marca: Raymond

Modelo: EASI-DR30TT-B

Serie: EZ-B-00-17517

Voltaje: 36V

Capacidad máxima de batería: 6 HR / 1240 AMP

Peso sin la batería (LBS): 7804

Peso con batería totalmente cargada (LBS):10704

Máximo peso de la batería (LBS):2900

Peso mínimo de la batería (LBS): 2600

Altura máxima (torre): 10,312 m

Altura contraída (torre): 4,09 m

Elevación máxima: 9,423 m

Tabla 2-1. Capacidades de carga y altura de levante de montacargas Raymond #1

Cap máx. (lb.)	Altura (in)	Cap max (kg.)	Altura (m)
3000	345	1363	8,763
2600	367	1181	9,321

Unidad #2

Marca: Raymond

Modelo: EASI-DR30TT-A

Serie: EZ-B-01-22252

Voltaje: 36V

Capacidad máxima de batería: 1240 AMP

Ancho de batería (in/mm) 21,25/559

Peso con batería totalmente cargada (LBS. /Kg.): 9882/4491

Peso sin la batería (LBS. /Kg.): 6982/3173

Máximo peso de la batería (LBS. /Kg.): 2900/1318

Peso mínimo de la batería (LBS. /Kg.): 2600/1181

Altura máxima (torre): 10,312 m

Altura contraída (torre): 4,09 m

Elevación máxima: 9,423 m

Tabla 2-2. Capacidades de carga y altura de levante de montacargas Raymond #2

Cap máx. (lb.)	Altura (in)	Cap máx. (Kg.)	Altura (m)
3000	290	1363	7,366
2500	330	1136	8,382
2000	330	909	8,890
1700	371	772	9,423

Unidad #3

Marca: Raymond

Modelo: EASI-R45TT-MA

Serie: EZ-B-01-22258

Voltaje: 36V

Capacidad máxima de batería: 1240 AMP

Ancho de batería (in/mm) 21,25/559

Peso con batería totalmente cargada (LBS. /Kg.): 9882/4491

Peso sin la batería (LBS. /Kg.): 6982/3173

Máximo peso de la batería (LBS. /Kg.): 2900/1318

Peso mínimo de la batería (LBS. /Kg.): 2600/1181

Altura máxima (torre): 10,312 m

Altura contraído (torre): 4,09 m

Elevación máxima: 9,423 m

Tabla 2-3. Capacidades de carga y altura de levante de montacargas Raymond #3

Cap máx. (lb)	Altura (in)	Cap máx. (Kg.)	Altura (m)
4500	240	2045	6,096
4000	270	1818	6,858
3500	308	1590	7,823
3000	325	1363	8,255
2000	371	909	9,423

Unidad #4

Modelo: EASI-DR30TT-B

Serie: EZ-B-00-17516

Voltaje: 36V

Capacidad máxima de batería: 6 HR / 1240 AMP

Peso sin la batería (LBS.): 7804

Peso con batería totalmente cargada (LBS.): 10704

Máximo peso de la batería (LBS.): 2900

Peso mínimo de la batería (LBS.): 2600

Altura máxima (torre): 10,312 m

Altura contraído (torre): 4,09 m

Elevación máxima: 9,423 m

Tabla 2-4. Capacidades de carga y altura de levante de montacargas Raymond #4

Cap máx. (lb)	Altura (in)	Cap máx.(Kg.)	Altura (m)
3000	345	1363	8,763
2600	367	1181	9,321

2.4.2 Codificación propuesta.

La siguiente codificación propuesta incluye a todos los montacargas de la compañía, con la proyección de que la empresa está en continuo crecimiento ya que en este momento se encuentra en construcción la bodega #3, por lo que se va a necesitar más equipo:

Familia	# de montacargas
---------	------------------

Tabla 2-5. Propuesta de codificación de familias

Montacargas Caterpillar	MC
Montacargas Komatsu	MK
Montacargas Nissan	MN
Montacargas Raymond	MR
Montacargas Toyota	MT
Montacargas Yale	MY

EJEMPLO

MR-01= Montacargas Raymond #1

Montacargas Raymond

Tabla 2-6. Codificación propuesta para montacargas Raymond

Unidad #1 Modelo: EASI-DR30TT-B Serie: EZ-B-00-17517	CÓDIGO CONOCIDO: Raymond #1 CÓDIGO PROPUESTO: MR-01
Unidad #2 Modelo: EASI-DR30TT-A Serie: EZ-B-01-22252	CÓDIGO CONOCIDO: Raymond #2 CÓDIGO PROPUESTO: MR-02
Unidad #3 Modelo: EASI-R45TT-MA Serie: EZ-B-01-22258	CÓDIGO CONOCIDO: Raymond #3 CÓDIGO PROPUESTO: MR-03
Unidad #4 Modelo: EASI-DR30TT-B Serie: EZ-B-00-17516	CÓDIGO CONOCIDO: Raymond #4 CÓDIGO PROPUESTO: MR-04

2.4.3 Estado de los montacargas.

Para realizar un análisis del estado de los montacargas se consultó al proveedor del servicio de mantenimiento así como a los operadores de los equipos para saber el estado real de los mismos. Los montacargas trabajan en condiciones aceptables para ser operados normalmente, aunque presentan algunos problemas menores fáciles de resolver, además, no cuentan con algunos equipos de seguridad en buen estado, como lo es la luz de soqa, luces de trabajo, pito de retroceso, espejos retrovisores. Estos montacargas pueden entrar al programa de mantenimiento preventivo una vez que se les haya acondicionado apropiadamente y reparado los problemas menores.

Tabla 2-7. Problemas encontrados en montacargas Raymond #1

Montacargas Raymond #1	Problemas
Código: MR-01 Modelo: EASI-DR30TT-B Serie: EZ-B-00-17517	Pin quebrado del reach Cable de motor malo Falta tornillo de compuerta Cambio de aceite hidráulico

Tabla 2-8. Problemas encontrados en montacargas Raymond #2

Montacargas Raymond #2	Problemas
Código: MR-02 Modelo: EASI-DR30TT-A Serie: EZ-B-01-22252	Tapón de deposito de frenos Microswitch del pedal S2 Cable de torre malo Topes del reach Cambio de aceite hidráulico

Tabla 2-9. Problemas encontrados en montacargas Raymond #3

Montacargas Raymond #3	Problemas
Código: MR-03 Modelo: EASI-R45TT-MA Serie: EZ-B-01-22258	Cable del reach malo Cambio de llavín Cambio de aceite hidráulico

Tabla 2-10. Problemas encontrados en montacargas Raymond #4

Montacargas Raymond #4	Problemas
Código: MR-04 Modelo: EASI-DR30TT-B Serie: EZ-B-00-17516	Cable de altura, soporte y polea Cable del reach malo Ruedas de carga Cambio de aceite hidráulico

2.4.4 Estado de batería.

Mediante la empresa Acumuladores industriales S.A. (A.I.S.A) en coordinación con Rebeca Barquero, se realizó un diagnostico de las baterías de los montacargas, las cuales son tipo 18-125M-17 y 24-85M-17 para conocer el estado real de las baterías, así como de las reparaciones necesarias para empezar con un mantenimiento preventivo.

Tabla 2-11. Problemas encontrados en batería #1

Batería #1	Problemas
Tipo 18-125M-17	Cambio de cables Sedimentación alrededor de la batería Celdas #14,16,17,18 secas Someter luego a ecuilización para regular

Tabla 2-12. Problemas encontrados en batería #2

Batería #2	Problemas
Tipo 18-125M-17	Cambio de cables Cortos circuitos externos por exceso de corrosión Batería para mantenimiento preventivo Revisión en planta

Tabla 2-13. Problemas encontrados en batería #3

Batería #3	Problemas
Tipo 18-125M-17	Cambio de cables Exceso de corrosión en la batería Someter a mantenimiento preventivo Batería totalmente secas Revisar si por recalentamiento hay daños externos

Tabla 2-14. Problemas encontrados en batería #4

Batería #4	Problemas
Tipo 24-85M-17	Cambio de cables Celda #20 con problemas. (Sujeta a análisis) Celdas #2 seca

Tabla 2-15. Problemas encontrados en batería #5

Batería #5	Problemas
Tipo 18-125M-17	Buenas condiciones

Tabla 2-16. Problemas encontrados en batería #6

Batería #6	Problemas
Tipo 18-125M-17	Cambio de cables Celda #8 y 14 con problemas (sujetas a revisión interna) Desigualdad de voltajes y densidades

Por recomendaciones de A.I.S.A, se sugiere someter las baterías a mantenimiento preventivo con un mínimo de 2 visitas al mes por parte de ellos mismos.

2.4.5 Índices de funcionamiento global.

Para determinar la eficiencia global de la máquina, se pretende tomar el tiempo de horas de paro del montacargas y así evaluar el plan de mantenimiento preventivo y a partir de este punto estimar las mejoras que se esperan con la aplicación del PMP.

2.4.6 Diseño de las actividades para el PMP.

Se realizó un diseño para el plan de mantenimiento preventivo tomando en cuenta los problemas mencionados anteriormente. Se hizo un análisis de las partes del montacargas para clasificarlos en sistemas y determinar el tipo de actividades de mantenimiento que se deben realizar. Entre los sistemas encontrados son los siguientes:

- Sistema motriz.
- Sistema de carga y elevación.
- Sistema hidráulico.
- Sistema eléctrico.
- Controles.

Con los sistemas anteriores, se realizó un manual de mantenimiento, en donde se indican todas las actividades que se deben realizar en el plan de mantenimiento preventivo (anexo 1). Se tomó la decisión de incluir 3 modalidades de mantenimiento: una cada 100 horas, una cada 1000 horas que abarca la de 100 horas y una cada 2000 horas que abarca la de 100 y 1000 horas.

Como el fabricante indica la frecuencia de mantenimiento en horas, y el montacargas tiene un horímetro para controlar dicha frecuencia y se hizo una equivalencia entre horas de trabajo y tiempo transcurrido en días especialmente para el mantenimiento de 100 horas, con el resultado de que cada quince días es necesario realizar mantenimiento preventivo. Para el mantenimiento de 1000 horas y de 2000 horas se piensa tener un seguimiento de las horas de trabajo por montacargas para establecer el momento adecuado para dar estos tipos de mantenimiento. Esto se debe a que el trabajo de la bodega es muy variable, ya que depende de los pedidos de los clientes y hay temporadas donde el movimiento de mercadería es muy alto, provocando trabajar horas extra lo que repercute también en los montacargas. En promedio trabajan 12 horas en temporada alta.

La forma de ejecutar los diferentes tipos de mantenimiento (100 H, 1000 H, 2000 H), pensando en que este servicio será ejecutado por personal externo, se diseñó una hoja de inspecciones para el proveedor del servicio (Anexo 2) basada en recomendaciones del fabricante, en el cual abarca los 3 mantenimientos anteriores donde a las inspecciones 100 horas se le añaden unas pocas tareas de las 1000 horas y 2000 horas. La recomendación o el informe sobre el estado de la parte a la que se realiza la inspección, se hace marcando un check o una equis en la casilla respectiva. Para indicar reparaciones y repuestos necesarios, se utiliza el espacio de “observaciones, repuestos”. Este espacio es importante debido a que nos puede indicar qué repuestos son necesarios tener en una bodega, además que nos sirve para incluirla en el historial de la máquina.

También se pretende realizar inspecciones diarias a los equipos. Se presentarán dos opciones:

1. Contratar a un técnico que realice las inspecciones diarias y que se encargue de resolver problemas menores.

2. Que los operadores de los montacargas realicen las inspecciones, ya que cada uno tiene asignado un montacargas por lo que cada uno conoce su equipo y es responsable de operarlo correctamente.

Para esto, se diseñó una hoja de inspección diaria (Anexo 3), que abarca una semana, para tener un control de los equipos para responder de forma rápida ante problemas iniciales y evitar que estos se compliquen y ocasionen nuevas fallas. Además de un control de los usuarios del montacargas, delegando así responsabilidades sobre el equipo y una mejor conciencia del mantenimiento aplicado.

También se diseñó una hoja de inspección semanal para las baterías (anexo 4), la que llenará el encargado de dar el servicio a ésta y con las condiciones necesarias de seguridad personal, para así tomar los datos necesarios de cada celda y conocer el estado de las baterías así como su desgaste en el tiempo. O en su defecto entrenar a un usuario o al encargado de mantenimiento para que aplique las inspecciones a las baterías.

También se realizó un archivo técnico del montacargas donde se encuentra la información general del montacargas con algunos procedimientos para realizar las inspecciones, así como, la carta de lubricantes, ajustes apropiados, códigos de fallas.

Se diseñó un Gantt anual (propuesta) para programar las visitas de mantenimiento con la empresa que brinda el servicio de mantenimiento (anexo 5). En ella se muestra las semanas donde se realizará el mantenimiento preventivo dependiendo de la semana de inicio. El mantenimiento se dividió para que cada quince días los mecánicos se encuentren en las instalaciones de Cormar-DHL realizando las inspecciones de mantenimiento. Para los mantenimientos de 1000 y 2000 horas se pretende que solo se tenga que realizar uno por semana.

Además no es necesario cuantificar costos debido al tiempo que se dure en realizar cada actividad ni determinar que tipo de técnico debe hacer la actividad, ya que el mantenimiento de 100, 1000 y 2000 horas no son realizados por personal de CORMAR y los costos del programa serán definidos mediante una cotización de la empresa contratada.

2.4.7 Necesidad de repuestos.

Para poder realizar un plan de mantenimiento preventivo satisfactoriamente sin pérdidas de tiempo y dinero por atrasos de falta de repuestos, es indispensable tener un buen stock de repuestos, para que si se tiene que cambiar una pieza o hacer una reparación durante la realización del plan de mantenimiento, se haga inmediatamente.

La empresa que actualmente se encarga de dar mantenimiento a los montacargas, nos facilitó una lista de repuestos mínima para tener en bodega (Anexo 7), pero como la empresa no tiene un espacio adecuado en estos momentos, es importante tomar la decisión de:

1. Hacer una pequeña bodega de repuestos administrada por CORMAR o
2. Que la empresa encargada de dar el servicio, se encargue de administrar nuestros repuestos.

2.4.8 Costos del PMP.

En estos momentos, se tiene en estudio cotizaciones propuestas por diferentes empresas para realizar mantenimiento preventivo en todos los montacargas de la compañía. En estos momentos, solo se ha recibido la propuesta de la empresa SETECOM donde propone revisar los montacargas Raymond a un precio de \$40,75 por visita para mantenimiento preventivo. También proponen una revisión general cada 12 meses con el precio de \$157. Además, se recibió la propuesta por parte de la empresa A.I.S.A. para el mantenimiento de baterías de montacargas a un precio de \$35 por batería. En la siguiente tabla se presenta el costo de mantenimiento preventivo por montacargas por año (\$1975), sin incluir los repuestos para las inspecciones y sin incluir un acondicionamiento adicional como son luces de soga, luces de trabajo, alarma de retroceso, espejos retrovisores. El mantenimiento preventivo total anual sería de \$7900, sin incluir los repuestos y el acondicionamiento adicional. Al agregar los repuestos, el costo sería de \$2975 por montacargas al año y al agregar el acondicionamiento adicional el costo sería de \$3175 o \$3365 según el montacargas.

Tabla 2-17. Costos de mantenimiento preventivo anual para montacargas eléctricos Raymond

	MR-01	MR-02	MR-03	MR-04
Mant prev quincenal	\$40,75	\$40,75	\$40,75	\$40,75
Mant prev mensual	\$81,50	\$81,50	\$81,50	\$81,50
Mant prev baterías	\$35,00	\$35,00	\$35,00	\$35,00
Mant prev mensual baterías	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00
Mant prev anual	\$978,00	\$978,00	\$978,00	\$978,00
Revisión general	\$157,00	\$157,00	\$157,00	\$157,00
Mant prev anual baterías	\$840,00	\$840,00	\$840,00	\$840,00
Total	\$1.975,00	\$1.975,00	\$1.975,00	\$1.975,00
Repuestos inspecciones	\$1.000,00	\$1.000,00	\$1.000,00	\$1.000,00
Total	\$2.975,00	\$2.975,00	\$2.975,00	\$2.975,00
Acondicionamiento	\$200,00	\$200,00	\$390,00	\$390,00
Total	\$3.175,00	\$3.175,00	\$3.365,00	\$3.365,00

Se necesita un mejor control de los costos de mantenimiento ya que en los historiales no se puede precisar los costos de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo por montacargas, solo se puede precisar el costo total de mantenimiento. Un control cuidadoso de los costos es un medio que contribuye al mejoramiento de la función de mantenimiento, para así, determinar costos anormales, que servirán de guía para orientar un análisis que encuentre las causas y posibles soluciones.

Con respecto a las baterías, se recibió una oferta por parte de la empresa A.I.S.A para reparar y dar servicio de mantenimiento preventivo para 6 acumuladores industriales y 4 cargadores.

El servicio que ofrecen para las baterías es:

1. Revisión total del acumulador que consiste en:
 - Densidades de ácidos.
 - Nivel de electrolitos.
 - Voltaje nominal.
 - Voltaje total.
2. Relleno y estabilización de electrolitos.
 - Nivelación de la celda con la cantidad de electrolito que se requiera.
 - Estabilización de las densidades de ácidos para que almacenen sus niveles óptimos de operación.
3. Limpieza del acumulador:
 - Remover y limpiar toda la corrosión provocada por el ácido sulfúrico para evitar cortocircuitos y tierras eléctricas.
4. Revisión y limpieza de cables, puentes, conectores y terminales.

5. Se agregará una capa de poliéster en aquellas partes de la caja metálica que estén desprotegidas, producto de la corrosión.

El servicio que ofrecen para los cargadores es:

1. Revisión de contactores y limpieza.
2. Revisión de terminales y resoque.
3. Revisión de tarjetas y limpieza de las mismas.
4. Revisión del cableado.

El valor de mantenimiento será de \$422,88, con dos visitas al mes.

2.4.9 Estrategia de motivación.

Para iniciar un plan de mantenimiento preventivo es necesario involucrar a los operadores de los equipos para que se sientan parte importante del plan de mantenimiento preventivo, ya que ellos son los responsables de operar y mantener el montacargas en buenas condiciones, por lo que hay que inculcar una mentalidad de cuidado y prevención de fallas de los equipos. Los operadores ya están relacionados en cuanto a la realización de inspecciones en los equipos ya que realizan inspecciones semanales a los montacargas y baterías, pero deben saber sobre los beneficios, funcionamiento y objetivos del plan de mantenimiento. Es necesario realizar una capacitación en cuanto a la operación segura de los equipos así como una capacitación en cuanto al mantenimiento y cuidados de los equipos. Dentro de esta capacitación es importante realizar una explicación de hoja de inspección diaria para que realicen las inspecciones de manera adecuada y de esta forma se sientan parte del plan de mantenimiento.

CAPITULO 3.

Diseño de sistema de riego para zona verde.

3 Conceptos teóricos utilizados en el proyecto # 2.

3.1 Riego de plantas.

Las plantas necesitan agua constantemente, porque las materias nutritivas del suelo solo pueden ser absorbidas por las raíces si están disueltas en agua. El agua sigue de vehículo constantemente a estas materias y la lleva hasta las hojas a través de los vasos del tejido de la planta. El agua con las materias nutritivas disueltas, en corriente constante de la raíz a las hojas (mientras las plantas vegetan), forma lo que en biología se llama savia bruta.

En las hojas se evapora el agua sobrante, y el resto de savia se convierte, por un complicado proceso químico en el que invierten las materias que las hojas absorben del aire, en savia elaborada. Esta savia elaborada se distribuye por toda la planta y nutre las células de sus tejidos. Las plantas necesitan mas agua en verano que en primavera, esto debido a que el calor y la luz del sol las obligan a evaporar más. (Claraso, N.1982)

Las plantas se deben regar por dos razones:

- Para suministrarles el agua que las hojas evaporan.
- Porque las raíces solo absorben las sustancias nutritivas si están disueltas en agua.

Las plantas contienen durante su crecimiento alrededor de un 90% de agua. Es una cantidad respetable, y esta cantidad la han de encontrar en la tierra. A través de la planta pasa una corriente continua de agua, desde las raíces hasta las hojas, donde se evapora. Esta corriente de agua es indispensable para la refrigeración de la planta en tiempo de calor, para mantener erguidos los tallos y las hojas y también para el paso de las sustancias nutritivas desde el suelo hasta el cuerpo de la planta.

La cantidad de agua que ha de evaporar una planta para formar un kilogramo de materia seca varia de 300 a 800 litros. En los jardines, donde se exige a las plantas un desarrollo más generoso, esta agua ha de ser suministrada por aportaciones artificiales. Nunca es suficiente, por lo menos en los climas poco húmedos, con el agua que proporciona la lluvia (Claraso, N.1982)

En los jardines, los riegos abundantes empiezan en primavera, cuando se inicia la vegetación. En los días calurosos de verano se han de aumentar, porque el calor y la sequedad de la atmósfera también aumentan mucho la evaporación por las hojas de las plantas, y si éstas no la pueden reponer se marchitan. En otoño se ha de regar menos. En esta época necesitan más riego las plantas que florecen por primera vez. En invierno los riegos han de ser escasos (Claraso, N.1982).

En verano no es conveniente regar a la hora del sol fuerte, ya que se aumenta sin necesidad la evaporación, y sobre todo no es conveniente mojar las hojas verdes de las plantas ya que se podrían quemar. En invierno se puede regar a las horas del sol, y aun es mejor a estas horas, porque así se evita que la tierra permanezca húmeda durante el frío de la noche. Si la temperatura es muy baja y hay peligro de helada, se han de suprimir los riegos, debido a que la helada es más perjudicial si el terreno está húmedo y gran cantidad de agua en el interior de la planta. En verano se debe regar al atardecer y a las primeras horas de la mañana. El riego de la tarde tiene la ventaja de dejar el suelo húmedo durante toda la noche.

Pero si se trata de plantas pequeñas es mejor regar por la mañana que por la noche, porque la humedad constante de la tierra durante muchas horas puede dar lugar al desarrollo de hongos perjudiciales para la planta (Claraso, N.1982).

El riego ligero por encima de las hojas, solo proporciona a la planta una atmósfera húmeda que limita la evaporación por las hojas y al mismo tiempo las limpia. Este es el riego que se debería dar todos los días de verano al atardecer.

En Costa Rica los jardines se riegan generalmente con el agua que esté disponible para el jardín. Sin embargo, las aguas suelen clasificarse por calidad. Entre esta calificación tenemos:

- Agua de lluvia: es la mejor de todas. Se dice que el agua de lluvias tormentosas, por su contenido en nitrógeno, tiene una acción ligeramente fertilizante. Es muy conveniente conducir el agua de lluvia y recogerla en depósitos o cisternas.
- Aguas de manantial: Contiene sales minerales, que pueden ser perjudiciales para las plantas. Son aguas frías, antes de usarlas es conveniente tenerlas un tiempo depositadas al aire libre y al sol.
- Aguas de pozo: son frías y pesadas y suelen contener exceso de sales minerales. Conviene analizarlas antes de su uso. También deben estar depositadas al sol antes de su uso.
- Aguas de río: están suficientemente aireadas, y además, su temperatura es parecida a la de la atmósfera. También suelen tener muchas sales en disolución y, a veces microbios perjudiciales para la salud.
- Aguas de conducción: en los jardines de ciudad y en los balcones y terrazas se riega siempre con agua de grifo. Es un agua buena pero poco aireada. Gana mucho si se tiene durante cierto tiempo depositado al sol.

Por otro lado, el ruido del agua que va cayendo lentamente invita al reposo, y da a los jardines un encanto especial. Indudablemente es ésta una de las causas de la presencia de surtidores, en una u otra forma, en casi todos los jardines. Pero el ruido del agua se puede conseguir en otros lugares, por ejemplo en una escalera. Si en el jardín hay un desnivel con una escalera, se puede hacer correr el agua por un canalillo que siga los peldaños.

3.2 El riego y su relación con el suelo y la planta.

3.2.1 Suelo.

El suelo es un almacén de elementos nutritivos para la planta, un medio ambiente para las bacterias, un adecuado medio de sostén para la planta y un depósito de agua que la misma requiere para su desarrollo. La cantidad de agua disponible en el suelo para el consumo de la planta se determina por sus propiedades físicas. Dicha cantidad es determinante para la vida de la planta, sin considerar agua adicionada, y es básica para asegurar el desarrollo continuo del cultivo.

El suelo está compuesto por una fase sólida, una líquida y una fase gaseosa, donde se producen a su vez relaciones de interfase: sólido-líquido, sólido-gaseosa y líquido-gaseosa. En condiciones ideales, el 50% de los componentes deben corresponder a la fase sólida, del 15 al 35% a la fase líquida y del 15 al 35% a la fase gaseosa. Las variaciones de porcentaje de los dos últimos componentes se deben a la cantidad de agua presente. Esta característica tiene gran importancia agrícola, ya que, mediante el riego y el drenaje lo que se hace es variar en el suelo la proporción relativa de agua y aire a fin de asegurar un ambiente adecuado para el desarrollo de los cultivos (Gurovich, A. 1985).

3.2.1.1 Propiedades físicas.

La fase sólida del suelo está formada por constituyentes orgánicos e inorgánicos. El conjunto de estos forma el esqueleto del suelo, y la disposición o arreglo de las partículas sólidas determina la porosidad, la estructura, y la densidad aparente del suelo. El tamaño de las partículas sólidas varía desde coloidales pequeñísimas (menos de 0,5 micras) hasta las gravas gruesas y fragmentos rocosos.

Las características principales del suelo dependen principalmente de la textura y de la distribución por tamaño de las partículas minerales, de la estructura o del modo en que están organizadas las partículas, de la clase de minerales arcillosos presentes, del tipo y cantidad de materia orgánica incorporada a la materia mineral (Nuñez, J. 1985).

3.2.1.2 Textura.

La textura del suelo es una propiedad física, cuya clasificación se basa en los tamaños de las partículas minerales (cantidades relativas de arena, limo y arcilla) que predominen en la fase sólida. Esta propiedad tiene una importancia fundamental en el riego, ya que condiciona la transmisión de agua, esto al afectar la permeabilidad de los estratos. Según la textura de los suelos se clasifican en arenosos, francos, limosos y arcillosos; con clases intermedias tales como franco-arenoso, franco-limoso, franco-arcilloso (Nuñez, J. 1985).

Para determinar la textura del suelo en el campo se puede usar el tacto. En caso necesario esta determinación podrá ser comprobada en el laboratorio mediante una muestra de suelo del campo considerado.

3.2.1.3 Estructura.

La estructura se refiere a la clase de partículas agrupadas que predominan en el suelo, aunque hay muchos tipos de éstos, las clases de estructuras difieren en distintos horizontes. El grado de estructura presente en un suelo afecta la cantidad y dimensiones de los poros, y por lo tanto, afecta el movimiento del agua y la aireación del suelo. Los suelos unigranulares y masivos no tienen estructura. En este tipo de suelo, tal como el de arena suelta, el agua se filtra rápidamente; en los masivos con mas lentitud. Entre los tipos de estructura primaria (laminar, prismática, granular), los más favorables para la captación del agua son los prismáticos y los granulados. Los laminares impiden la penetración del agua.

A diferencia de la textura, la estructura superficial del suelo puede ser cambiada. Se pueden lograr excelentes estructuras superficiales en suelos con elevado contenido de materia orgánica y en los que crecen pastos perennes. Los ciclos de humedad y de sequía, heladas y deshielo mejoran la estructura de la capa del surco. Por otra parte, el cultivo se suelos de textura media o fina cuando su contenido de humedad es alto, tiende a destruir la estructura de los mismos. El riego con agua que contenga grandes cantidades de sodio causa estructuración inadecuada al dispensar los grumos consolidados en el terreno (Nuñez, J. 1985).

3.2.1.4 Densidad aparente y densidad real.

La densidad aparente es la masa de suelo seco por volumen total del suelo, incluyendo el espacio total. Los valores de ésta son variables, de acuerdo con las características físicas y en especial con el tipo de textura. La densidad real, es la masa seca o peso de suelo seco en una unidad de volumen, sin incluir el espacio poroso (Nuñez, J. 1985).

3.2.1.5 Porosidad.

El espacio poroso es la fracción del volumen del suelo que está ocupado por el aire y el agua. El total del espacio poroso en los suelos minerales varía entre un 40% en terrenos arenosos y un 55% en terrenos arcillosos. Hay que tener presente que el espacio poroso total no es un indicador particular de las propiedades de aireación y humedad de los suelos; pero por medio de éste se puede interpretar en forma general el grado de compactación de un suelo, entendiendo que a menor porosidad más compactación.

La arena al contener poros relativamente grandes, no puede evitar que la gravedad drene gran cantidad de agua retenida, por lo que su capacidad de retención es baja. Los suelos arcillosos tienen un gran número de poros por lo que pueden retener grandes cantidades de agua, pero hay grandes fuerzas que se oponen a la extracción de la humedad por parte de las plantas. Los suelos ideales son los suelos francos, que poseen buenas propiedades de retención de la humedad; pero liberan el agua que contienen con succiones bajas, además de que poseen un buen drenaje interno y una buena ventilación (Nuñez, J. 1985).

El porcentaje de espacios porosos (n) en un volumen de suelo es:

$$n = \left(1 - \frac{da}{dr}\right) * 100$$

Donde:

da= densidad específica o aparente

dr= densidad real

3.2.2 Capa cultivable del suelo.

La condición física del suelo, en relación con el crecimiento de la planta y facilidades de la labranza se conoce como “grado de profundidad de terreno de cultivo”. La capacidad de laboreo depende en parte de la granulación y de la estabilidad de la misma.

Se clasifica como buena, mediana o pobre, según la facilidad con que pueda trabajarse el terreno y su grado de captación de agua. Los primeros son blandos, amigajonados y fáciles de labrar; al estar secos, absorben agua con rapidez. Los terrenos pobres son, por lo general, suelos duros, difíciles de labrar y captan lentamente el agua. Mediante un buen manejo y prácticas adecuadas, se puede formar y mantener un buen terreno de labranza.

3.2.3 Disponibilidad de agua en el suelo.

El agua se clasifica en agua no disponible y en agua de gravitación. Esta clasificación se basa en la disponibilidad del agua en relación con los vegetales. En condiciones normales, el agua de gravitación drena rápidamente de la zona radicular. El agua no disponible es retenida intensamente por la fuerza capilar y las raíces de las plantas no llegan a ella. El agua a disposición de las plantas es la diferencia entre agua de gravitación y la no disponible.

Al suministrar agua a un suelo seco, ya sea por lluvia o por riego, dicho elemento se distribuye alrededor de las partículas y se retiene por fuerzas de adhesión y cohesión; desplaza el aire en las cavidades y, finalmente, llena los poros. Cuando todos los poros, grandes y pequeños, quedan llenos, se dice que el terreno está saturado y a su máxima capacidad de retención.

3.2.4 Saturación.

Se dice que un suelo está saturado cuando todos sus poros están llenos de agua. Si se permite que un suelo saturado drene libremente, el contenido de agua comienza a descender vaciándose primero los poros más grandes, que son ocupados por el aire. El agua así eliminada se denomina agua libre o gravitacional.

3.2.5 Capacidad de campo.

Es el contenido de humedad que existe en el suelo después de la eliminación del agua gravitacional. La capacidad de campo se determina midiendo la humedad dos días después del riego en suelo franco y tres días después en suelos arcillosos. En consecuencia, la capacidad de campo determina un punto específico de la curva del contenido de humedad en relación con el tiempo. El hecho de especificar el tiempo de medición permite igualmente calcular el agua utilizada por las plantas en el periodo en el cual el agua se ha drenado.

3.2.6 Punto de marchitez permanente.

Es el contenido de humedad de los suelos en el cual las plantas se marchitan irreversiblemente; éste corresponde al límite inferior de la humedad aprovechable por las plantas. Una planta se marchita cuando no es capaz de seguir obteniendo humedad suficiente como para satisfacer sus necesidades hídricas. La estimación en el campo del punto de marchitez permanente se realiza mediante el cálculo del contenido de humedad del terreno en el cual las plantas se han marchitado permanentemente. (Withers,B. 1986)

3.2.7 Agua útil.

Es el contenido de la humedad del suelo entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente, que constituye la humedad que puede ser almacenada en el suelo para su posterior utilización.

3.2.8 Consumo de agua por las plantas.

3.2.8.1 Profundidad de extracción radical.

Las plantas toman el agua del suelo, y la profundidad de extracción depende de la especie vegetal, natural o cultivada y de las características del perfil del suelo. En suelo profundo, sin limitaciones para la expansión radical, la planta define la profundidad de suelo explorable por las raíces.

3.2.8.2 Evapotranspiración.

La pérdida total del agua del suelo por evaporación se distribuye en proporciones variables entre la transpiración de las plantas y la evaporación directa del suelo, dependiendo principalmente del estado de crecimiento de las plantas, su densidad poblacional y del follaje, las características del suelo y las condiciones atmosféricas, de manera tal que, por la dificultad en diferenciarlas y, porque las pérdidas por evaporación directa, para fines prácticos están siempre asociados al cultivo, el consumo de agua de las plantas se considera igual a la suma de estos dos componentes y se le llama evapotranspiración o uso consuntivo.

Generalmente, para determinar los requerimientos de agua para la evapotranspiración de los cultivos, se separa y determina aquella que es dependiente de los factores atmosféricos (esencialmente los mismos que afectan la evaporación de una superficie libre con agua) y, luego se corrige esta cantidad por medio de coeficientes empíricos que involucran el efecto de otros factores, tales como el tipo de cultivo y su etapa de crecimiento, ambos determinados bajo condiciones de amplia humedad del suelo, de manera que no presente limitaciones a la absorción de las raíces. Al llegar a este punto se cuenta con la evapotranspiración potencial del cultivo (ETA).

Posterior a la determinación y para conocer los verdaderos requerimientos de agua de los cultivos para una producción óptima, es necesario considerar los efectos de variabilidad del clima en el tiempo y en el espacio, el efecto de la disponibilidad de agua del suelo sobre ETA, el efecto de las prácticas de manejo del agua y la relación entre ETA y el nivel de producción.

La cantidad de agua que consume la vegetación puede ser estimada o medida. Los procedimientos directos de medida son laboriosos y caros, por lo que, para fines de diseño de proyectos se emplean los métodos estimados de uso consuntivo o evapotranspiración.

Para el cálculo de la evapotranspiración real se emplea la siguiente fórmula:

$$Et = kc * ETA$$

Donde:

Et= evapotranspiración real

ETA= evapotranspiración potencial

kc= coeficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo toma en cuenta la especie vegetal, su estado vegetativo, las prácticas de manejo del cultivo, el suelo y el régimen de reposición de humedad del mismo. La evapotranspiración potencial es la cantidad de agua que en una unidad de tiempo evapotranspira una planta verde de altura uniforme, que sombrea por completo el suelo y se encuentra en un nivel óptimo de humedad. En tal caso la evapotranspiración depende del clima y está muy débilmente influenciada por la especie en si.

Para que las fórmulas de evapotranspiración sean útiles, es necesario que sean fácil de aplicar y que se basen en datos y medidas disponibles o fáciles de obtener. Se han propuesto varias fórmulas, algunas de uso mas común que otras; su efectividad depende, en gran parte, de las condiciones específicas del campo.

En ausencia de una medida directa de evaporación, existe la posibilidad del empleo de ecuaciones basadas en factores climáticos, dentro de los que se citan: ecuación de Penman, método de Thornthwaite, método de Blaney y Criddle, y método de Hargreaves.

3.3 Riego y sus métodos de aplicación.

Básicamente el riego consiste en la aplicación artificial, oportuna y uniforme de agua a un perfil de suelo para restituir el agua consumida por evapotranspiración de los cultivos entre dos aplicaciones consecutivas, con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo.

Los objetivos que persigue la aplicación del terreno son:

- Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos se desarrollen adecuadamente.
- Asegurar las cosechas contra sequías de corta duración.
- Refrigerar el suelo y la atmósfera para que se puedan mejorar las condiciones ambientales para el desarrollo vegetal.
- Disolver sales contenidas en el suelo.

El riego puede realizarse de diferentes formas:

- Por inundación.
- Por surcos.
- Por subriego.
- Por goteo.
- Por aspersión.

3.3.1 Riego por inundación.

Consiste en abrir brechas en los costados de las zanjas de riego, dejando que se extiendan cantidades no controladas de aguas de inundación en los terrenos adyacentes; después del riego se cierran las brechas de los costados de las zanjas. Las aplicaciones de agua son muy irregulares y las consecuencias probables del método son el anegamiento y la formación de zonas salinas. (Withers,B. 1986)

3.3.2 Subriego natural o artificial

El subriego natural es llamado así, porque las condiciones que lo hacen posible son geológicas o topográficas. Son terrenos casi nivelados con una capa de suelo superficial profundo y de gran permeabilidad lateral bajo la que hay, de 2 a 7 metros de profundidad, un estrato impermeable. Esto constituye un depósito subterráneo conveniente que podrá rellenarse por medio de pozos y zanjas de distribución.

El subriego artificial incluye el empleo de un sistema de tubos subterráneos perforados, por los que se hace pasar agua a presión, para que se infiltre en el suelo. Este método funcionará adecuadamente si el suelo tiene alta permeabilidad horizontal y baja en sentido vertical. Son costosos y pueden sufrir daños debidos a labores profundas del cultivo. (Withers,B. 1986)

3.3.3 Riego por surcos.

El método de riego por surcos se realiza haciendo fluir agua en pequeños canales que conducen el agua a medida que desciende desde puntos altos hacia sectores de cotas inferiores del campo. El agua se infiltra en el fondo y los lados de los surcos, reponiéndose así el agua del suelo consumida por los cultivos; la velación cuidadosa del terreno para obtener una pendiente uniforme es esencial para que este método tenga una eficiencia y adecuación convenientes.

El riego por surcos no moja la totalidad de la superficie del suelo por lo que la eficiencia del riego por surcos depende del movimiento lateral del agua desde los surcos. Este movimiento es importante en cuanto se refiere al mojado del suelo: hay que prestar también atención al movimiento de las sales solubles, fertilizantes y herbicidas arrastrados por el agua.

Se necesita tener considerable experiencia para dividir el agua llevada por la acequia de abastecimiento en los caudales necesarios para cada surco y para mantener las velocidades de agua correctamente hasta conseguir un riego adecuado. (Gurovich,L. 1985)

3.3.4 Riego por goteo.

El riego por goteo es un sistema que proporciona agua filtrada y fertilizantes directamente sobre el suelo al lado de la planta. Este sistema elimina la aspersion y el agua que fluye sobre la superficie del suelo; permite que el agua, liberada a baja presión en el punto de emisión, moje el perfil del suelo en una forma predeterminada. El agua de riego es transportada a través de una extensa red de cañerías o tuberías plásticas hasta cada planta; el aparato que emite el agua se denomina emisor o gotero. Los emisores disipan la presión que existe en la red de cañerías por medio de un orificio de pequeño diámetro, o por medio de un largo camino de recorrido, de esta forma disminuye la presión del agua y permite descargar desde el sistema hacia el suelo solamente unos pocos litros por hora por cada gotero. El agua es distribuida gracias a su movimiento normal a través de todo el perfil del suelo. De esta manera el volumen del suelo que puede ser mojado por cada punto emisor está limitado por las restricciones del movimiento horizontal y vertical del agua en el perfil del suelo. (Gurovich,L. 1985).

3.3.5 Riego por aspersion.

Se denomina riego por aspersion, al método que consiste en aplicar agua a la superficie del terreno, rociándola a la manera de una lluvia ordinaria. La aspersion es producida por el choque con el aire del flujo de agua que sale bajo presión a través de pequeños orificios o boquillas. La presión generalmente es producida por bombeo, aunque se puede producir por gravedad si la fuente de agua está suficientemente elevada sobre el agua que se va a regar.

El método en sí, requiere de la instalación de una red de tuberías, con una especie de aspersores acoplados para esparcir el agua sobre la superficie del terreno. Con una cuidadosa selección del tamaño de boquillas, elevadores, presión y espaciamiento de aspersores, el agua puede aplicarse de modo uniforme a una tasa de aplicación basada en la infiltración del suelo, y con ello, se puede evitar que se produzca la formación de una lámina de agua sobre el suelo y los escurrimientos superficiales, eliminando así el daño resultante al terreno y al cultivo. (Withers,B. 1986).

3.3.5.1 Difusores y miniaspersores.

Este equipo está utilizándose cada vez más, sustituyendo en algunos casos a los goteros. Se caracterizan porque el agua se desplaza a través del aire alguna distancia antes de llegar a la superficie del suelo. En general las pérdidas de agua debidas a evaporación son mínimas. Según tengan o no alguna de sus partes en movimiento de rotación se denominan miniaspersores o difusores.

Observando su funcionamiento hidráulico se pueden hacer cuatro grandes grupos:

- De largo conducto: la pérdida de carga se produce fundamentalmente a través de una sección de corona circular o a través de la acanaladura, aunque estos sólo tengan una longitud de 8 a 12 mm.
- De orificio: con secciones de 1 a 2 mm de espesor.
- Vortex.
- Autocompensantes: a los modelos de orificio o de largo conducto se les puede acoplar una pieza de lengüetas flexibles que disminuyen la sección de paso del agua al aumentar la presión. Existe un modelo que consigue la autorregulación mediante un contrapeso.

A pesar de tener diámetros de paso relativamente pequeños, son poco sensibles a las obturaciones debido a la velocidad del agua. Casi todos ellos tienen un deflector contra el cual choca el chorro de agua, cambiando de dirección y distribuyéndose a través del aire. (López, R, 1992)

En ocasiones los deflectores pueden colocarse en diferentes posiciones y cambiar así el ángulo de apertura del chorro o la forma y tamaño de la superficie mojada. En estos emisores, además de la curva característica caudal-presión y del coeficiente de variación de fabricación, deben conocerse las siguientes características:

- Superficie cubierta o mojada, descrita mediante un sector circular, por ejemplo, sector circular de 90 grados sería un cuarto de círculo.
- Perfil de distribución pluviométrica en función de la distancia del pluviómetro al emisor.
- Alcance efectivo o distancia desde el emisor hasta el pluviómetro que recoge, al menos, el 10% de la pluviometría media.
- Altura de la trayectoria o apogeo de la trayectoria del agua por encima de la boquilla del emisor.
- Angulo de salida con respecto al plano horizontal.

3.4 Elementos que componen un equipo de riego por aspersión.

3.4.1 Bomba.

Una bomba es una máquina transformadora de energía. Para funcionar debe recibir energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc., y la bomba la convierte en energía que pasa a un fluido en forma de posición, presión, o de velocidad. La bomba centrífuga funciona bajo el principio de la fuerza centrífuga. Antes de su puesta en marcha, el cuerpo de la bomba y la tubería de succión requieren que estén llenas de líquido (cebado).

Si la bomba está llena de líquido, el impulsor que está dotado de un rápido movimiento rotativo y en virtud de la fuerza centrífuga el líquido impelido hacia el tubo de salida, al mismo tiempo que por el tubo de aspiración penetra el líquido empujado por la presión atmosférica exterior.

La presión requerida por los aspersores puede obtenerse por gravedad o por medio de una bomba o por una combinación de ambos.

3.4.2 Tuberías.

Las tuberías conducen y distribuyen el agua por todo el terreno. Tienen un diámetro nominal que es simplemente un nombre comercial dado a la tubería, y es distinto al diámetro interno que generalmente se encuentra en milímetros y es el que se usa para efectos de diseño.

En el sistema de riego por aspersión se diferencian dos tuberías: la principal (tubería de conducción) y la secundaria (tubería de distribución). Su instalación es fija, móvil o mixta. Es fija cuando la estación de bombeo y la red de distribución se colocan permanentemente en el terreno; esta instalación tiene la ventaja de que permite disminuir una gran parte de la mano de obra de funcionamiento, pero los gastos de instalación son muy altos.

La instalación es móvil cuando el conjunto de tuberías puede trasladarse de un lugar a otro. Estos movimientos implican incrementos en la mano de obra, pero se puede transportar el equipo a gusto, lo que permite utilizarlo con pleno rendimiento durante todo el periodo de riego. En las instalaciones mixtas se tienen canalizaciones principales permanentes y las tuberías de distribución son móviles. Los materiales plásticos y sobre todo los cloruros de polivinilo (PVC) constituyen la parte principal de las tuberías fijas y enterradas.

Las tuberías móviles constituyen actualmente uno de los materiales fundamentales empleados en el riego, ya que la mayoría de los casos, es antieconómico hacer instalaciones de tuberías que cubran toda la superficie a regar, lo que ha hecho necesario el uso de materiales más ligeros que puedan fácilmente ser desplazables, así como altamente resistentes.

En el riego por aspersión se utilizan diferentes tipos de tubería dependiendo del material y entre las cuales se encuentran:

- Tubería de hierro galvanizado.

Son tuberías que sufren oxidación, su difícil manejo las hace poco apropiadas para el riego.

- Tubería de aluminio.

Son más livianas que las del hierro galvanizado, tienen diferentes accesorios que la dan flexibilidad adecuada para ser utilizadas en sistemas de riego, los acoples no son rígidos por lo que se adapta a las condiciones topográficas del terreno. Los diámetros comerciales varían de 2 a 10 pulgadas. Vienen diseñadas para presión de trabajo de $8,8 \text{ kg/cm}^2$, otra ventaja es que se pueden dejar expuestas al sol.

- Tubería de PVC.

Su color es gris y no soporta los rayos ultravioleta del sol; actualmente se usa tubería de color celeste que si resiste los rayos del sol, siendo así adecuada para ser utilizada en sistemas de riego móviles. Sus dimensiones están dadas por la norma ISO-R-161. Dichas dimensiones se basan en la presión hidrostática de diseño y en la presión de trabajo.

Presión de trabajo: presión para la cual viene la tubería diseñada.

Presión hidrostática de diseño: es el esfuerzo máximo estimado en la sección transversal debido a la presión hidrostática interna del agua que puede aplicarse continuamente sobre las paredes del tubo con un alto grado de confiabilidad de que no ocurrirá ninguna falla. La mayoría de los países usa una presión hidrostática de 140 kg/cm^2 .

En tuberías de PVC se usa el SDR, que es la relación entre el diámetro exterior y el espesor de la pared.

$$SDR = \frac{(2 * S)}{P} + 1$$

Donde:

S= Presión hidrostática de diseño (kg/cm²)

P= Presión de trabajo (kg/cm²)

El PVC es liviano, fuerte, resistente a la corrosión, no toxico, de larga vida y conserva sus propiedades a un amplio rango de temperaturas. Su costo es bajo y no tiene problemas de reemplazo y mantenimiento, que podrían presentar tuberías de otro material. En Costa Rica este tipo de tubería se vende en tubos rígidos o semirígidos, de 6 metros de longitud, teniendo en uno de sus extremos la campana y en el otro la espiga, esto para facilidad de acople. El empalme se efectúa por encolado; estos tubos se curvan y se pegan fácilmente.

3.4.3 Aspersores o rociadores.

Son los encargados de distribuir el agua al terreno de forma continua con un alto grado de uniformidad y pulverización adecuada en el chorro. Además debe permitir al suelo absorber el agua sin que se produzca escorrentía.

La selección adecuada de los tipos de aspersores para cumplir con las condiciones específicas es de gran importancia. El papel del aspersor es repartir sobre la superficie del suelo el agua suministrada por la tubería de conducción.

Los aspersores rotativos son los principales elementos de distribución del agua de riego. Están constituidos por un cuerpo con una o dos salidas, prevista de boquillas calibradas; la rotación del aparato es proporcionada por un brazo situado normalmente en el chorro principal o secundario y que es separado por éste y en seguida vuelto a su posición inicial por un contrapeso, un resorte o sistema de tornillo helicoidal previsto de un estrido, el cual produce el movimiento del brazo.

El giro del aspersor puede ser total o limitado a un sector del cultivo. Entre los aspersores rotativos se distinguen los aspersores de baja presión, mediana presión y cañones de riego. Los aspersores de baja y mediana presión son los más empleados, funcionan con presiones que van de desde 1,5 a 4 kg/cm², los chorros tienen alcances de 10 a 25 metros y los caudales varían de 0,5 a 7,5 m³/h. Los cañones de riego funcionan únicamente con presiones elevadas (4,5 a 7 kg/cm²), los chorros de algunos de ellos pueden alcanzar mas de 60 metros con caudales de 8 a 100 m³/h.

El aspersor se compone de las siguientes partes:

- La base: es la parte que une el tubo con el aspersor y puede tener rosca hembra o macho. La rosca puede variar de 1,27 a 7,62 centímetros.
- Tubo conector: está en la base del aspersor, gira junto con el aspersor, tiene unos empaques de hule para que el movimiento sea más suave y no haya desgaste.
- Resorte de defensa contra arena: su función es proteger el aspersor de partículas exteriores.
- Cuerpo del aspersor: es donde está comprendida la boquilla o las boquillas. Tiene todas las partes móviles del aspersor y es donde sale el agua.
- El resorte: su función es devolver el brazo del aspersor, este brazo golpea el cuerpo del aspersor y provoca el giro. En algunos casos viene con protección para heladas. Este se puede tensar para que tenga mayor o menor velocidad de giro.

- Brazo o martillo: provoca el giro del aspersor, así como la dispersión del agua por medio del director de flujo, el cual puede ser en forma de triángulo o de doble cuchara. El de triángulo es un sistema que tiene movimiento, el de cuchara es un mecanismo fijo conectado directamente del brazo. Generalmente los sistemas de triángulo se usan en aspersores pequeños.
- El freno: sirve para evitar que se deteriore el cuerpo del aspersor por efecto de los golpes que recibe del brazo o martillo.
- Las boquillas: es por donde sale el agua, éstas pueden ser intercambiables. La boquilla tiene un ángulo de variación que oscila de 4 a 30 grados respecto a la horizontal. El diámetro de alcance depende de este ángulo.

3.4.4 Accesorios.

Son las diferentes piezas que permiten la instalación y operación del equipo de riego, así como su control y eficiencia. Dentro de estos se encuentran piezas como codo, tees, válvulas, hidrantes, reductores, tubos de elevación, tapón final, reguladores de presión, acoples, adaptadores, entre otros.

VÁLVULAS.

Existe gran cantidad de válvulas, entre las cuales están:

- Reguladoras: son válvulas que se colocan en línea con las tuberías, permiten controlar la presión o caudal del sistema.
- De seguridad: permiten la salida del líquido de la instalación cuando se producen fuertes presiones, con lo que se evita la posible ruptura de piezas.
- De retención: se colocan intercaladas en la tubería y tienen una doble misión: romper la columna de agua y reducir por lo tanto el golpe de ariete que se produce al abrir o cerrar una válvula de paso, y evitar el retroceso del agua que puede ser causa de contaminación de la fuente de suministro de agua.

- De compuerta: se emplean con el objeto de aislar en un momento dado algún elemento o sección de la red para realizar una reparación, inspección o dar mantenimiento sin interrumpir totalmente el servicio o para controlar las áreas y tiempos de riego

3.5 Trazo o colocación de tuberías.

En la colocación de las tuberías es importante observar las siguientes normas:

- La tubería principal debe siempre, si es posible, colocarse según la pendiente predominante con el fin de suministrar así el mejor control posible de las presiones laterales.
- Las tuberías laterales deben colocarse en ángulo recto con respecto a la tubería principal y a través de la pendiente, siendo trazadas lo mas posible a nivel.
- Las tuberías laterales deben ser colocadas perpendicularmente a la dirección del viento, lo que permite hacer correcciones de acuerdo con la variación en velocidad y dirección del viento. Como casi nunca estas dos últimas consideraciones son compatibles, se le debe dar preferencia a la consideración que se refiere a la pendiente.
- Para terrenos de forma irregular, el trazo debe hacerse de manera que permita la colocación de laterales de igual longitud, tanto como sea posible.
- Es conveniente que el diámetro de la tubería sea lo menos variado.

3.5.1 Diseño de tuberías laterales, múltiples y principales

Una etapa importante durante el diseño de sistemas de riego por aspersion es la determinación de las pérdidas de carga en un tubo lateral, en una tubería múltiple o en una tubería principal. En forma general se encuentran dos casos:

- Tubería con salida múltiple.
- Tubería sin salidas o tubería ciega.

Existen distintos métodos para calcular las pérdidas de presión en una tubería: método de Darcy-Weisbach, fórmula de Scobey, fórmula de Hazen-Williams. Este último método es el más usado y dice que la pérdida en una tubería está dada por:

$$H_f = \frac{10,675 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} * L}{D^{4,87}}$$

Donde:

H_f= Pérdidas por fricción a lo largo de la tubería, expresado en metros de agua.

Q= Caudal de la tubería en m³/s

D= Diámetro interno de la tubería, expresado en metros.

L= Longitud de tubería expresado en metros

C= Coeficiente de Hazen-Williams (anexo 8)

3.5.1.1 Diseño de tuberías con salidas múltiples

En el caso de una tubería con salidas (lateral o múltiple) la fórmula de Hazen-Williams se debe multiplicar por un factor “f”, que depende del número de salidas, de la ubicación de la primera salida respecto a la tubería principal y del tipo de material, su cálculo se puede hacer por medio de las siguientes fórmulas o por tablas (anexo 8). (Gurovich, L. 1985)

De acuerdo con lo anterior el factor “f” para un aspersor ubicado a una distancia igual al espaciamiento entre aspersores (Ea) está dado por:

$$f_x = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 * N} + \frac{(m-1)^{0,5}}{(6 * N^2)}$$

Para el primer aspersor ubicado a Ea/2:

$$f = \frac{2 * N}{2 * N - 1} * \left[\frac{1}{m+1} + \frac{(m-1)^{0,5}}{(6 * N^2)} \right]$$

Para el primer aspersor ubicado a una distancia menor a Ea/2:

$$f = \frac{N * f_x - (1 - K)}{N - (1 - K)}$$

Donde:

$m = 1,76$ (para tubería de plástico).

$m = 1,852$ (para tubería de plástico).

N = Número de salidas.

K = Fracción de la distancia con respecto a E_a .

Por lo tanto, las pérdidas en una tubería con salidas múltiples está dada por:

$H_f = H_f * f$

3.5.1.2 Pérdida de carga admisible (regla del 20%).

Los laterales deben diseñarse de tal manera que las pérdidas de carga totales no excedan del 20% de la presión de trabajo de los aspersores, asegurando así que las descargas entre el primer y último aspersor de una línea no variarán entre si más de un 10%. Las pérdidas de carga por fricción en un lateral son menores que las de una tubería principal de igual diámetro. Esto se debe a que el flujo por la tubería lateral se reduce en la medida que el agua se mueve por ella. (Gurovich, L. 1985)

3.6 Metodología.

DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR DIFUSIÓN.

3.6.1 Cálculo de lámina de riego.

La lámina de riego se obtiene mediante datos de lámina de agua requerida por hectárea, por mes según el cultivo. Para asegurar que se aplica la lámina de riego correcta al suelo, se debe aplicar la lámina cuando ocurre la evapotranspiración más crítica.

3.6.2 Frecuencia de riego.

Se determina de la siguiente manera:

$$Fr = \frac{Lr}{ETr}$$

Donde :

Fr = Frecuencia de riego (días).

Lr = Lamina de riego (mm).

ETr = Evapotranspiración real = Lámina en mm/día.

3.6.3 Selección del aspersor.

La selección del aspersor se efectúa mediante catálogos que proporcionan los fabricantes. El fabricante generalmente da a conocer los siguientes datos:

Db= Diámetro de la boquilla.

Ao= Ángulo de ataque en grados.

Po= Presión de operación.

D= Diámetro de cobertura.

Qa= Caudal del aspersor (m³/s).

3.6.4 Cálculo de los espaciamientos.

Estos se dan principalmente, con base en los datos de diámetros de cobertura del aspersor con un traslape alto (mayor de 90%). Se considera la velocidad del viento para obtener el factor por el que debe multiplicarse el diámetro y luego se ajustan los espaciamientos a la longitud de tubo existente (6 metros).

3.6.5 Cálculo de intensidad de aplicación (pluviometría).

Se obtiene de la siguiente manera:

$$Pluv = \frac{Q * 1000}{(El * Ea)}$$

Donde :

Pluv = intensidad de aplicación (mm/hr).

Q = Caudal del aspersor (m³/hr).

El = Espacio entre laterales (m).

Ea = Espacio entre aspersores (m).

3.6.6 Cálculo de tiempo de riego por sector

Se obtiene la siguiente relación:

$$Tr = \frac{Lr}{\left(\frac{Pluv}{60}\right)}$$

Donde :

Tr = Tiempo de riego (minutos)

Lr = Lámina de riego (mm)

Pluv = Pluviometría en (mm/hr)

3.6.7 Tiempo total de riego

$$Tt = \#Sector * Tr$$

Donde :

Tt = Tiempo total de riego (minutos).

#Sector = Número total de sectores (mm/hr).

Tr = Tiempo de riego (minutos).

3.6.8 Determinación del número de sectores de riego.

El número de sectores es el que va a incidir directamente en el costo del proyecto, y es por eso que, para obtener dicho valor se toman en cuenta condiciones como:

- Número de válvulas por sector: depende del caudal disponible.
- Tiempo de riego: debe ir relacionado con las horas disponibles para efectuar el riego, es importante conocer que entre mayor sea el tiempo de riego, mayor va a ser el número de sectores, pero menor el diámetro de tubería y con ello el costo del proyecto.

3.6.9 Forma de riego.

Esto es, si el riego se va a realizar automáticamente o manualmente.

3.6.10 Tipo de válvula a utilizar.

Esto es, si es válvula de bola o selenoide. Se indica el modelo.

3.6.11 Cálculo del caudal del sistema.

$$Q_s = Q_a * N_{asp}$$

Donde :

Q_s = Caudal del sistema.

Q_a = Caudal del aspersor.

N_{asp} = Número de aspersores.

3.6.12 En caso de riego automático.

Determinación del número de cables del controlador hacia las estaciones.

Determinación de los diámetros de tuberías conduit.

3.6.13 Cálculo de diámetros y pérdidas en las tuberías

Para calcular los diámetros en la tubería se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0,785 * v}} * 1000 =$$

Donde :

D = diámetro de tubería.

Q = Caudal (m³/s).

v = velocidad del agua (m/s). Se debe asumir un valor de velocidad entre 1,5 - 3 m/s.

Después de obtener el diámetro se busca en tablas los diámetros comerciales de tubería y así calcular las pérdidas de carga en la tubería (anexo 9). Para calcular las pérdidas en la tubería, se utiliza la fórmula de Hazen Williams:

$$H_f = \frac{10,675 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} * L}{D^{4,87}}$$

Donde :

H_f = Pérdida de presión por fricción (m H₂O).

Q = Caudal por la tubería (m³/s).

C = Coeficiente de Hazen Williams.

L = Longitud de tubería (m).

D = Diámetro de tubería (m).

3.6.14 Cálculos de carga dinámica total.

$$CDT = (H_f \text{ sector} + P_o + H_{fp}) * 1,05 =$$

CDT = Carga dinámica total (mH₂O).

H_fsector = Pérdida total en el sector (mH₂O).

P_o = Presión de operación del aspersor (mH₂O).

H_{fp} = Pérdida en tubería principal hasta la entrada del sector (mH₂O).

3.6.15 Lista de materiales.

La lista de materiales presenta un detalle de la cantidad y tipo de tubería, accesorios (codos, tees, reducciones, válvulas, etc.) y aspersores a utilizar.

3.6.16 Instalación del sistema de riego.

Esta se lleva a cabo haciendo zanjas necesarias para colocar las tuberías y accesorios. Éste requiere supervisión para que la instalación se realice según el diseño y de la forma más adecuada.

3.7 Resultados.

Este diseño está ubicado en las instalaciones de Cormar-DHL, en la Aurora de Heredia. En este caso la textura de los suelos es arcillosa. La temperatura ambiental de la zona es de 24 grados centígrados. El área a regar es de 1000 m² y con pendiente positiva. Para regar el área de terreno se cuenta con una toma de agua proporcionada por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, la cual dispone de un caudal de 35 GPM a una presión de 2,5 – 3 Bar.

Para la realización del levantamiento topográfico se utilizó un teodolito, un trípode y una estadia. El levantamiento se realizó con dos estaciones. Con los datos topográficos, se procedió a calcular las coordenadas, así como las elevaciones de los puntos del terreno considerado. Obtenidas las coordenadas se procedió a calcular el área del terreno y realizar el plano del terreno con el programa Auto Cad. (anexo 13). El terreno se dividió en tres zonas A, B y C. La zona A, es un talud de 40 metros de largo con pendiente positiva donde su diferencia de altura con respecto a la toma de agua es de 3 metros, para después disminuir hasta 1,8 metros.

La zona B, es una línea de césped de 1 metro por 170 metros por fuera de la malla que limita la empresa, con una pendiente positiva, donde la diferencia de altura es de 3 metros. La zona C, es una línea de césped de 5 metros por 70 metros con pendiente positiva donde su diferencia de altura es de un metro.

3.7.1 Lámina de riego.

Gracias a la colaboración de la empresa Durman Esquivel S.A. y su experiencia, se tomará como criterio de diseño 7 mm/día como necesidad de agua del césped en esta zona, la cual es equivalente a la evapotranspiración real en dicha zona. Así:

$$L_{neta} = 7 \text{ mm}$$

3.7.2 Selección del aspersor.

Para la zona A, se utilizará el aspersor marca Rainbird de la serie 1804, difusores emergentes, con boquilla serie 10-VAN, Ángulo bajo 10°, Presión: 2,1 Bar. (Anexo 10)

Tabla 3-1. Características de caudal y presión para boquilla 10-VAN

Modelo	BAR	m	m ³ /h	m ³ /s
360°	1	2,1	0,44	1,22E-04
	1,5	2,4	0,53	1,47E-04
	2	3	0,57	1,58E-04
	2,1	3,1	0,59	1,64E-04
270°	1	2,1	0,33	9,17E-05
	1,5	2,4	0,40	1,10E-04
	2	3	0,43	1,19E-04
	2,1	3,1	0,48	1,33E-04
180°	1	2,1	0,22	6,11E-05
	1,5	2,4	0,27	7,36E-05
	2	3	0,29	7,92E-05
	2,1	3,1	0,33	9,17E-05
90°	1	2,1	0,11	3,06E-05
	1,5	2,4	0,13	3,68E-05
	2	3	0,14	3,96E-05
	2,1	3,1	0,15	4,17E-05

Para la zona B, se utilizará el aspersor marca Rainbird de la serie 1800, difusores emergentes, con boquilla serie 15-MPR cuadrado, Ángulo bajo 30°, Presión: 2,1 Bar (Anexo 10)

Tabla 3-2. Características de caudal y presión para boquilla 15-MPR (cuadrado)

Modelo	BAR	L x a (m)	m ³ /h	m ³ /s
15SQ	1	5,5 x 5,5	0,61	1,69E-04
	1,5	5,8 x 5,8	0,69	1,92E-04
	2	6,4 x 6,4	0,78	2,17E-04
	2,1	7,0 x 7,0	0,85	2,36E-04
15EST	1	1,2 x 4,0	0,1	2,78E-05
	1,5	1,2 x 4,3	0,11	3,06E-05
	2	1,2 x 4,3	0,13	3,61E-05
	2,1	1,2 x 4,6	0,14	3,89E-05
15CST	1	1,2 x 7,9	0,2	5,56E-05
	1,5	1,2 x 8,5	0,23	6,39E-05
	2	1,2 x 8,5	0,25	6,94E-05
	2,1	1,2 x 9,2	0,27	7,50E-05
15SST	1	1,2 x 7,9	0,2	5,56E-05
	1,5	1,2 x 8,5	0,23	6,39E-05
	2	1,2 x 8,5	0,25	6,94E-05
	2,1	1,2 x 9,2	0,27	7,50E-05

Para la zona C, se utilizará los aspersores marca Rainbird de la serie 1804, difusores emergentes, con boquilla serie 10-VAN, Ángulo bajo 30°, Presión: 2,1 Bar. (Anexo 10)

Tabla 3-3. Características de caudal y presión para boquilla 10-VAN

Modelo	BAR	L x a (m)	m ³ /h	m ³ /s
360°	1	2,1	0,44	1,22E-04
	1,5	2,4	0,53	1,47E-04
	2	3	0,57	1,58E-04
	2,1	3,1	0,59	1,64E-04
270°	1	2,1	0,33	9,17E-05
	1,5	2,4	0,40	1,10E-04
	2	3	0,43	1,19E-04
	2,1	3,1	0,48	1,33E-04
180°	1	2,1	0,22	6,11E-05
	1,5	2,4	0,27	7,36E-05
	2	3	0,29	7,92E-05
	2,1	3,1	0,33	9,17E-05
90°	1	2,1	0,11	3,06E-05
	1,5	2,4	0,13	3,68E-05
	2	3	0,14	3,96E-05
	2,1	3,1	0,15	4,17E-05

3.7.3 Espaciamiento entre aspersores.

Zona A (m)	Zona B (m)	Zona C (m)
3	8,2	4,5

3.7.4 Pluviometría.

Zona A

$$Pluv = \frac{Q * 1000}{(El * Ea)} = \frac{0,29 * 1000}{(3 * 3)} = 32,22 \frac{mm}{hr}$$

Zona B

$$Pluv = \frac{Q * 1000}{(El * Ea)} = \frac{0,27 * 1000}{(1,2 * 8,5)} = 26,47 \frac{mm}{hr}$$

Zona C

$$Pluv = \frac{Q * 1000}{(El * Ea)} = \frac{0,59 * 1000}{(6,2 * 4,5)} = 21,14 \frac{mm}{hr}$$

Donde :

Pluv = intensidad de aplicación (mm/hr).

Q = Caudal del aspersor (m³/hr).

El = Espacio entre laterales (m).

Ea = Espacio entre aspersores (m).

3.7.5 Tiempo de riego por sector.

Zona A

$$Tr = \frac{Lr}{\left(\frac{Pluv}{60}\right)} = \frac{7}{\left(\frac{32,22}{60}\right)} = 13,03 \text{ minutos}$$

Zona B

$$Tr = \frac{Lr}{\left(\frac{Pluv}{60}\right)} = \frac{7}{\left(\frac{26,47}{60}\right)} = 15,86 \text{ minutos}$$

Zona C

$$Tr = \frac{Lr}{\left(\frac{Pluv}{60}\right)} = \frac{7}{\left(\frac{21,14}{60}\right)} = 19,86 \text{ minutos}$$

Donde :

Tr = Tiempo de riego (minutos).

Lr = Lámina de riego (mm).

Pluv = Pluviometría en (mm/hr).

3.7.6 Tiempo total de riego

$$Trt = TrA + TrB * 2 + TrC$$

$$Trt = 13,03 + 15,86 * 2 + 19,86 = 64,61 \text{ minutos}$$

El tiempo total de riego será aproximadamente de 65 minutos.

3.7.7 Diámetros y pérdidas en la tubería.

Antes de calcular los diámetros de tubería, es importante conocer la disposición de los difusores para así conocer las distancias de la tubería y dividir la longitud total en tramos, donde, un tramo es igual a un tramo de tubería de distancia x + una tee.

Para calcular los diámetros de la tubería se tomo una velocidad del fluido de 2 m/s, según el artículo 6.18 del código de instalaciones hidráulicas, para así determinar el diámetro comercial de la tubería. Una vez determinado el diámetro se procede a determinar las pérdidas por fricción en el tramo de tubería. Ejemplo:

Para el primer tramo de la zona A (A0), con una velocidad de 2 m/s y un caudal de $1,28 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$:

$$D = \sqrt{\frac{1,28 \times 10^{-3}}{0,785 * 2}} * 1000 = 28,59 \text{ mm}$$

Con este diámetro se escoge la tubería con diámetro interno comercial mayor, por lo tanto se escoge una tubería de 25 mm de diámetro nominal SDR 26, que tiene un diámetro interno de 30,36 mm. Al tener el diámetro y la longitud se procede a calcular la perdida en la tubería. Para este caso, con un caudal de $1,28 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, una longitud de tubería equivalente de 4,9 metros, un diámetro de 30, 36 mm y un coeficiente de Hazen- Williams de 140 para PVC, se obtiene la pérdida de presión en la tubería:

$$H_f = \frac{10,675 * \left(\frac{1,28 \times 10^{-3}}{140} \right)^{1,85} * 4}{30,36^{4,87}} = 0,616 \text{ mH}_2\text{O}$$

Al tener una electroválvula en la entrada de la tubería, se le debe sumar la pérdida producida por este elemento, el cual es tomada de la tabla del anexo 11, según el caudal que pase por la electroválvula, así será la pérdida. Para la electroválvula 100-DV con un caudal de $1,28 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ($4,62 \text{ m}^3/\text{h}$) para la zona A, se tiene una pérdida de 0,18 Bar (1,836 mH₂O).

Zona A

Para esta zona se tiene 1 sector de riego diseñado con tubería de 25 mm (1 pulgada) SDR 26 y tubería de 18 mm (3/4 pulgadas) SDR 17, para no superar una pérdida admisible de 20% en la línea, esto porque los aspersores trabajan a 2,1 bar (20,4 mH₂O) y el limitante de presión en la entrada del sistema es de 2,5-3 Bar (25,5-30,5 mH₂O). Para el sector se necesita una presión de entrada mínima de 23,72 mH₂O. Con la electroválvula 100-DV con un caudal de $1,28 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ($4,62 \text{ m}^3/\text{h}$) para la zona A, se tiene una pérdida de 0,18 Bar (1,836 mH₂O) que está sumada en el tramo A0.

Sector 1

Tabla 3-4. Características por tramo de tubería en la zona A (diámetro, longitud, pérdidas)

TRAMO	Q (m ³ /s)	d cal (mm)	d int (mm)	Lc (m)	hf (mH ₂ O)	Ht acum (mH ₂ O)
A0	1,28E-03	28,59	30,36	4,9	2,452	22,85
A1	1,19E-03	27,55	30,36	3,9	0,428	23,13
A2	1,10E-03	26,47	30,36	3,9	0,369	23,35
A3	1,01E-03	25,34	30,36	3,9	0,314	23,51
A4	9,17E-04	24,16	30,36	3,9	0,263	23,63
A5	8,25E-04	22,92	30,36	3,9	0,217	23,69
A6	7,33E-04	21,61	30,36	3,9	0,174	23,72
A7	6,42E-04	20,22	30,36	3,9	0,136	23,70
A8	5,50E-04	18,72	30,36	3,9	0,102	23,66
A9	4,58E-04	17,09	30,36	3,9	0,073	23,58
A10	3,67E-04	15,28	23,53	3,9	0,167	23,60
A11	2,75E-04	13,23	23,53	3,9	0,098	23,54
A12	1,83E-04	10,81	23,53	3,9	0,046	23,44
A13	9,17E-05	7,64	23,53	4,5	0,015	23,31

Zona B

Para esta zona se tienen 2 sectores de riego diseñados con tubería de 25 mm (1 pulgada) cédula 26 y tubería de 18 mm (3/4 pulgadas) SDR 17, para no superar una pérdida admisible de 20% en la línea, esto porque los aspersores trabajan a 2,1 bar (20,4 mH₂O) y el limitante de presión en la entrada del sistema es de 2,5-3 Bar (25,5-30,5 mH₂O). Se necesita para el sector 1 una presión de entrada de 22,51 mH₂O y para el sector 2 una presión de 23,05 mH₂O. Con la electroválvula 100-DV con un caudal de $7,50 \times 10^{-4}$ m³/s (2,7 m³/h) para el sector 1, se tiene una pérdida de 0,15 Bar (1,53 mH₂O) que está sumada en el tramo B0 y con un caudal de $8,25 \times 10^{-4}$ m³/s (2,97 m³/h) para el sector 2, se tiene una pérdida de 0,15 Bar (1,53 mH₂O) que está sumada en el tramo B10.

Sector 1

Tabla 3-5. Características por tramo de tubería en la zona B, sección 1 (diámetro, longitud, pérdidas)

TRAMO	Q (m ³ /s)	d cal (mm)	d int (mm)	Lc (m)	hf (mH ₂ O)	Ht acum (mH ₂ O)
B0	7,50E-04	21,86	30,36	2,9	1,67	22,07
B1	6,75E-04	20,73	30,36	9,1	0,35	22,27
B2	6,00E-04	19,55	30,36	9,1	0,28	22,41
B3	5,25E-04	18,29	30,36	9,1	0,22	22,49
B4	4,50E-04	16,93	30,36	9,1	0,16	22,51
B5	3,75E-04	15,45	30,36	9,1	0,12	22,49
B6	3,00E-04	13,82	23,53	9,1	0,27	22,62
B7	2,25E-04	11,97	23,53	9,1	0,16	22,64
B8	1,50E-04	9,77	23,53	9,1	0,07	22,57
B9	7,50E-05	6,91	23,53	9,7	0,02	22,45

Sector 2

Tabla 3-6. Características por tramo de tubería en la zona B, sección 2 (diámetro, longitud, pérdidas)

TRAMO	Q (m ³ /s)	d cal (mm)	d int (mm)	Lc (m)	hf (mH ₂ O)	Ht acum (mH ₂ O)
B10	8,25E-04	22,92	30,36	2,9	1,69	21,88
B11	7,50E-04	21,86	30,36	9,1	0,42	22,16
B12	6,75E-04	20,73	30,36	9,1	0,35	22,37
B13	6,00E-04	19,55	30,36	9,1	0,28	20,82
B14	5,25E-04	18,29	30,36	9,1	0,22	22,59
B15	4,50E-04	16,93	30,36	9,1	0,16	22,61
B16	3,75E-04	15,45	30,36	9,1	0,12	22,59
B17	3,00E-04	13,82	30,36	9,1	0,08	23,05
B18	2,25E-04	11,97	23,53	9,1	0,16	22,54
B19	1,50E-04	9,77	23,53	9,1	0,07	22,48
B20	7,50E-05	6,91	23,53	9,7	0,02	22,36

Zona C

Para esta zona se tiene 1 sector de riego con tubería de 38 mm (1 ½ pulgada) SDR 32.5 y tubería 31 mm (1 ¼ pulgada) SDR 32.5, esto porque los aspersores trabajan a 2,1 bar (20,4 mH₂O) y el limitante de presión en la entrada del sistema es de 2,5-3 Bar (25,5-30,5 mH₂O)). Se necesita para el sector una presión de entrada mínima de 24,77 mH₂O. Con la electroválvula 150-PEB con un caudal de $2,31 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (8,33 m³/h) para la zona C, se tiene una pérdida de 0,21 Bar (2,142 mH₂O) que está sumada en el tramo C0.

Sector 1

Tabla 3-7. Características por tramo de tubería en la zona C (diámetro, longitud, pérdidas)

TRAMO	Q (m ³ /s)	d cal (mm)	d int (mm)	Lc (m)	hf (mH ₂ O)	Ht acum (mH ₂ O)
C0	2,31E-03	38,39	45,22	6,7	2,26	22,66
C1	2,15E-03	37,01	38,9	6,7	0,58	23,16
C2	1,99E-03	35,57	38,9	6,7	0,50	23,58
C3	1,82E-03	34,07	38,9	6,7	0,42	23,93
C4	1,66E-03	32,50	38,9	6,7	0,36	24,21
C5	1,49E-03	30,85	38,9	6,7	0,29	24,43
C6	1,33E-03	29,11	38,9	6,7	0,24	24,59
C7	1,17E-03	27,26	38,9	6,7	0,19	24,70
C8	1,00E-03	25,27	38,9	6,7	0,14	24,77
C9	9,11E-04	24,09	38,9	4,2	0,07	24,76
C10	8,19E-04	22,85	38,9	6,7	0,07	24,76
C11	6,56E-04	20,43	38,9	6,7	0,07	24,76
C12	4,92E-04	17,70	38,9	6,7	0,04	24,72
C13	3,28E-04	14,45	38,9	6,7	0,02	24,67
C14	1,64E-04	10,22	38,9	6,7	0,01	24,60

3.7.8 Tubería principal.

Para cumplir con la presión mínima en la zona C es necesario calcular la tubería dándonos una pérdida máxima en la tubería y aprovechar la diferencia de altura entre los dos puntos. Esta pérdida es la diferencia de presión entre los dos puntos de la tubería, la presión de entrada en el sistema y la presión mínima para el sector C.

$$P_{ent} = 2,5\text{Bar} = 25,5\text{mH}_2\text{O}$$

$$P_{entC} = 2,33\text{Bar} = 23,82\text{mH}_2\text{O}$$

$$\Delta P = Pent - PentC + \Delta h = 25,5 - 23,82 + 3 = 4,68 mH_2O = Hf$$

$$Q = 2,31 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

$$C = 150$$

$$L = 170 \text{ m}$$

$$Hf = \frac{10,675 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} * L}{D^{4,87}}$$

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{10,675 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} * L}{Hf}} = \sqrt[4,87]{\frac{10,675 * \left(\frac{2,31 \times 10^{-3}}{150}\right)^{1,85} * 170}{4,68}} = 0,050 \text{ m}$$

$$D = 50,51 \text{ mm}$$

Diametro interno comercial

$$D = 56,63 \text{ mm}$$

El diámetro escogido es de 50 mm (2 pulgadas) SDR 32,5.

3.7.9 Carga dinámica.

$$CDT = (Hf \text{ sector} + Po + Hfp) * 1,05 =$$

CDT = Carga dinamica total (mH₂O)

Hfsector = Perdida total en el sector (mH₂O)

Po = Presión de operación del aspersor (mH₂O)

Hfp = Perdida en tubería princial hasta la entrada del sector (mH₂O)

Zona A

$$CDT = (Hf \text{ sector} + Po + Hfp) * 1,05 =$$

$$CDT = (2,78 + 20,4 + 0) * 1,05 = 24,34m$$

Zona B

Sector 1

$$CDT = (Hf \text{ sector} + Po + Hfp) * 1,05 =$$

$$CDT = (1,42 + 20,4 + 0) * 1,05 = 22,91m$$

Sector2

$$CDT = (Hf \text{ sector} + Po + Hfp) * 1,05 =$$

$$CDT = (1,87 + 20,4 + 1,58 - 1,3) * 1,05 = 23,67m$$

Zona C

Sector 1

$$CDT = (Hf \text{ sector} + Po + Hfp) * 1,05 =$$

$$CDT = (1,97 + 20,4 + 3,11 - 3) * 1,05 = 23,6m$$

3.7.10 Controlador del proyecto

Para controlar de manera eficiente los tiempos de riego, es necesario instalar un controlador adecuado que active y desactive las electroválvulas para cada zona de riego. El controlador seleccionado es el programador serie ESP-modular, marca Rainbird, el cual tiene las siguientes características (anexo 12):

- Modelo básico con 4 estaciones.
- Mantiene la programación ante cortes de electricidad.
- Disyuntor de diagnóstico que identifica la estación con problemas en la válvula o su cableado y continúa el riego en las siguientes estaciones.
- Número de programas: 3
- Alimentación primaria: 230 VAC
- Alimentación secundaria: 25,5 VAC
- Protección contra sobretensiones

3.7.11 Lista de materiales.

Tabla 3-8. Lista de materiales para proyecto de riego

Materiales	Cantidad	Precio por unidad	P sin impuesto	Precio + imp
Tubería de 1/2 pulgada SDR 17	3	¢1.165,00	¢1.030,97	¢3.495,00
Tubería de 2 pulgada SDR 32,5	29	¢4.956,00	¢4.385,84	¢143.724,00
Tubería de 1 1/2 pulgada SDR 32,5	1	¢3.185,00	¢2.818,58	¢3.185,00
Tubería de 1 pulgada SDR 26	26	¢2.157,00	¢1.908,85	¢56.082,00
Tubería de 3/4 pulgada SDR 17	15	¢1.665,00	¢1.473,45	¢24.975,00
Tubería de 1 1/4 pulgada SDR 32,5	13	¢2.851,00	¢2.523,01	¢37.063,00
Difusores rain bird serie 1804	50	¢1.885,00	¢1.885,00	¢106.502,50
Boquilla 10F-VAN 360	13	¢610,00	¢610,00	¢8.960,90
Boquilla 10F-VAN 180	16	¢610,00	¢610,00	¢11.028,80
Boquilla 15CST-MPR (cuadrado)	21	¢610,00	¢610,00	¢14.475,30
Electroválvula 100-DV 1 pulgada	3	¢7.750,00	¢7.750,00	¢26.272,50
Electroválvula 150-PEB 1 1/2 pulgada	1	¢24.000,00	¢24.000,00	¢27.120,00
Controlador ESP-SI 4 estaciones	1	¢31.452,00	¢31.452,00	¢35.540,76
Cubre válvulas	4	¢2.500,00	¢2.500,00	¢11.300,00
Tee 1 Reducida 25 x 12	25	¢418,00	¢369,91	¢10.450,00
Tee 1 1/2 reducida 38 x 12	1	¢910,00	¢805,31	¢910,00
Tee 3/4 reducida 18 x 12	8	¢223,00	¢197,35	¢1.784,00
Tee 1 1/4 lisa	14	¢444,00	¢392,92	¢6.216,00
Tee 2	3	¢799,00	¢707,08	¢2.397,00
Reducción lisa 2 a 1	2	¢444,00	¢392,92	¢888,00
Reducción lisa 2 a 1 1/2	1	¢444,00	¢392,92	¢444,00
Reducción lisa 1 1/4 a 1/2 (31 x 12)	14	¢234,00	¢207,08	¢3.276,00
Reducción lisa 1 a 3/4 (25 x 18)	3	¢134,00	¢118,58	¢402,00
Reducción lisa 1 1/2 a 1 1/4	2	¢272,00	¢240,71	¢544,00
Adaptadores Hembra 12 mm	50	¢86,00	¢76,11	¢4.300,00
Uniones 1 lisa	30	¢64,00	¢56,64	¢1.920,00
Uniones 2 lisa	30	¢222,00	¢196,46	¢6.660,00
Uniones 1 1/2 lisa	3	¢235,00	¢207,96	¢705,00
Uniones 3/4 lisa	8	¢64,00	¢56,64	¢512,00
Uniones 1 1/4 lisa	12	¢222,00	¢196,46	¢2.664,00
Codos 1	5	¢215,00	¢190,27	¢1.075,00
Codos 2	3	¢693,00	¢613,27	¢2.079,00
Codos 1 1/2	3	¢444,00	¢392,92	¢1.332,00
Codos 3/4	3	¢95,00	¢84,07	¢285,00
Codos 1 1/4	2	¢386,00	¢341,59	¢772,00
Pegamento PVC 1/4 de galón	1	¢3.751,00	¢3.319,47	¢3.751,00
TOTAL				¢563.090,76
Imprevistos 10%				¢619.399,84

CAPITULO 4

4 Conclusiones y recomendaciones.

4.1 Conclusiones proyecto #1.

- Cuando una empresa realiza sus labores de mantenimiento mediante la contratación de servicios, es importante tener una buena comunicación entre las partes para garantizar la realización de actividades de forma eficiente y segura.
- Para poder realizar un plan de mantenimiento preventivo es importante conocer la máquina, por lo que hay que reunir la mayor cantidad de información técnica, así como, los historiales de la máquina para conocer problemas frecuentes y la frecuencia real de estas fallas.
- Es importante que la documentación diseñada sea de fácil comprensión para los responsables de aplicarlas y que además pueda lograr una retroalimentación eficiente y efectiva.
- Antes de iniciar un plan de mantenimiento preventivo es importante que las máquinas se encuentren en buen estado, ya que no tiene caso prevenir una falla si ya se encuentra presente, por lo tanto es necesario realizar un mantenimiento correctivo antes de iniciar con el plan.
- Cuando el servicio de mantenimiento es realizado por un proveedor externo, no es necesario facilitar un manual en el que se especifique detalladamente cada actividad a realizar, debido a que quien se contrate para realizarlas, debe tener experiencia en el campo, lo que se les ofrece es una lista del trabajo que se requiere, presentadas en un formato que permita una buena retroalimentación.
- Es necesario realizar una buena estrategia de motivación a los operadores de los equipos, para que sean conscientes de la importancia del mantenimiento y colaboren activamente en el cuidado de las mismas.

- Es importante dar un seguimiento al plan para identificar deficiencias y poder mejorar día a día.

4.2 Recomendaciones proyecto #1

- Acondicionar un lugar con las condiciones apropiadas para dar mantenimiento a los montacargas como a las baterías.
- Analizar la posibilidad de contratar a un técnico para que las labores de mantenimiento, o que las actividades las realicen los propios operadores de los montacargas con una adecuada capacitación.
- Ver la opción de tener un pequeña bodega de repuestos administrada por Cormar-DHL o que sea administrada por la empresa que da el servicio de mantenimiento.
- Acondicionar una puerta para que pueda salir el montacargas y pueda ser llevado a un taller para darle servicio de reparación.
- Instalar un cargador eléctrico para el montacargas que no lo tiene, para evitar tener montacargas parados, además que se tiene una batería que ya cumplió su vida útil y está dando problemas.
- Realizar una capacitación para los operadores de los montacargas en cuanto al mantenimiento y a seguridad en la operación.
- Se necesita una buena coordinación entre el proveedor del servicio y Cormar-DHL, para actuar en forma eficiente en cuanto a las visitas para las inspecciones de mantenimiento preventivo y en cuanto a reparaciones.
- Llevar un mejor control de los costos de mantenimiento así como de los historiales de mantenimiento de los montacargas.

4.3 Conclusiones proyecto #2.

Es importante conocer la topografía del terreno para determinar desniveles, distancias, alturas, y así realizar un buen diseño.

Antes de calcular las tuberías, es necesario conocer la disposición de los aspersores, en este caso difusores, con sus presiones y caudales de trabajo.

Es necesario aplicar la cantidad de agua que se evapotranspira diariamente.

Se debe conocer la disponibilidad de caudal y presión para conocer los limitantes en cuanto al diseño.

4.4 Recomendaciones proyecto #2.

Se debe hacer una zanja de por lo menos 40 cm de profundidad para la tubería principal y de 30 cm de profundidad para las tuberías secundarias, para evitar daños mecánicos.

Antes de probar el sistema, debe lavarse la tubería para evitar que cuerpos extraños obstruyan los aspersores.

El cableado de las electroválvulas se debe realizar con cable numero 12. debidamente entubado y que cumpla las normas del NEC.

CAPITULO 5.

5 Bibliografía.

Claraso, N. Proyectos de jardines. 4^{ta} edición. Barcelona, España. Editorial Gustavo Hill. 1982

Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones. Colegio federado de ingenieros y arquitectos de Costa Rica. Costa Rica, Febrero 1996.

Gurovich, Luis A. "Fundamentos y diseño de sistemas de riego". 1^{era} edición. Editorial IICA. San José, Costa Rica, 1985. pp.: 363-393.

López, Rodrigo. Riego localizado. Editorial IRIDIA, España, 1992. pp. : 34-45

Nuñez, J. Fundamentos de Edafología. 2 da Edición. San José, Costa Rica. EUNED. 1985

Valverde, Jorge. "Administración de mantenimiento". Cartago, Costa Rica. 2001

Withers, Bruce. El riego: diseño y práctica. Editorial Diana. México, 1986. pp. : 40-67

6 ANEXOS

ANEXO 1

6.1 MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MÁQUINA: MONTACARGAS RAYMOND #1

SECCIÓN: BODEGA 2

CÓDIGO: MR-01

PARTE: SISTEMA MOTRIZ

MANUAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Número	Inspección	PER	FRE	DUR	OPE
SUBPARTE	MOTOR DE TRACCIÓN				
1	Revisar el estado de los carbones	10H	365	5	MO
2	Revisar los conectores	10H	365	5	MO
3	Verificar apriete de pernos de anclaje	100H	26	10	
4	Soplar motor con aire comprimido	100H	26	10	
SUBPARTE	UNIDAD DE MANEJO				
5	Revisar el estado de los dientes de engranes	10H	365	5	MO
6	Revisar si los engranes están lubricados	10H	365	5	MO
7	Revisar nivel de fluido	10H	365	5	MO
8	Aplicar grasa al engranaje	100H	26	5	
9	Verificar apriete de pernos de anclaje	100H	26	10	
10	Cambiar el nivel del fluido	2000H	1	90	
SUBPARTE	FRENO				
11	Deshabilita viajar y detiene el montacargas cuando se suelta el pedal	10H	365	5	MO
12	Acción suave	10H	365	5	MO
13	Revisar nivel de líquido de frenos	10H	365	5	MO
14	Revisar apropiada distancia de paro. No sobrepasar distancia de 2,5 m	100H	26	5	
15	Revisión y ajuste de freno. El movimiento mínimo es de 2,3 mm	100H	26	10	
16	Inspeccionar los pads y los discos del rotor. Grosor de ambos 20,32 mm	100H	26	10	
17	Verificar espaciamiento del disco de freno	100H	26	10	
SUBPARTE	PEDAL HOMBRE MUERTO				
18	Revisar operación suave	10H	365	5	MO
19	Revisar altura del pedal	100H	26	10	
20	Revisar activación y desactivación de interruptor de hombre muerto	100H	26	10	
SUBPARTE	RUEDAS				
22	Inspeccionar ruedas por trozos sueltos, uso excesivo o desigual	10H	365	5	MO
23	Revisar montaje del equipo por apropiada instalación y torques	100H	26	10	
24	Inspeccionar los cojinetes de la rueda de carga por apriete o juego excesivo	100H	26	10	

MÁQUINA: MONTACARGAS #1

SECCIÓN: BODEGA #2

CÓDIGO: MR-01

PARTE: SISTEMA CARGA Y ELEVACIÓN

MANUAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Número	Inspección	PER	FRE	DUR	OPE
SUBPARTE	MASTIL				
1	Inspeccionar mástil por deformaciones, grietas, daños y uso	10H	365	5	MO
2	Revisar mástil por juego en los rodamientos	100H	26	15	
3	Revisar soporte del mástil por daños y uso	100H	26	15	
SUBPARTE	CADENAS				
4	Inspección visual de cadenas	10H	365	5	MO
5	Ajustar cadenas	50H	52	15	
6	Revisar cadena y piñon por deformaciones, grietas, daños, estiramiento y uso	100H	26	10	
7	Lubricar cadenas	100H	26	10	
SUBPARTE	UÑAS				
8	Revisar las uñas y topes de uñas por deformaciones, grietas daños y uso	50H	52	5	
SUBPARTE	CARCAZA				
9	Inspeccione el exterior de la carcaza por uso	10H	365	5	MO
10	Verificar apriete de pernos de montaje	100H	26	10	
SUBPARTE	PROTECTOR DE CABEZA				
11	Revisar por cualquier daño físico	10H	365	5	MO
12	Revisar apriete de pernos de montaje	100H	26	10	
SUBPARTE	CARRUAJE SIDE SHIFT				
13	Asegurarse que los pernos de anclaje están apretados	100H	26	10	
14	Inspeccionar cojinetes superiores e inferiores	100H	26	10	
15	Aplicar grasa en todos los puntos (fittings)	100H	26	10	
SUBPARTE	CARRUAJE REACH				
16	Asegurarse que los pernos de anclaje están apretados	100H	26	10	
17	Aplicar grasa en todos los puntos (fittings)	100H	26	10	
SUBPARTE	TIJERAS REACH				
18	Aplicar grasa en todos los puntos (fittings)	100H	26	10	
SUBPARTE	CABLEADO				
19	Revisar tensión de las poleas de los cables	50H	52	5	
20	Revisar conexiones y estado de cables	100H	26	5	

MÁQUINA: MONTACARGAS #1
CÓDIGO: MR-01
PARTE: SISTEMA HIDRÁULICO

SECCIÓN: BODEGA #2

MANUAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Número	Inspección	PER	FRE	DUR	OPE
SUBPARTE BOMBA DE LEVANTE					
1	Revisar bombeo de aceite por daños, fugas o deformaciones	10H	365	5	MO
2	Verificar apriete de pernos de anclaje	100H	26	10	
3	Verificar la condición de los rodamientos (ruido, vibración)	100H	26	5	
4	Lubricar los ejes con lubricante anti-seize	1000H	2	30	
SUBPARTE BOMBA AUXILIAR					
5	Revisar bombeo de aceite por daños, fugas o deformaciones	10H	365	5	MO
6	Verificar apriete de pernos de anclaje	100H	26	10	
7	Verificar la condición de los rodamientos (ruido, vibración)	100H	26	5	
8	Lubricar los ejes con lubricante anti-seize	1000H	2	30	
SUBPARTE MANGUERAS					
9	Revisar mangueras y conectores por fugas	10H	365	10	MO
10	Revisar los fittings por fugas	10H	365	10	MO
SUBPARTE RESERVA HIDRÁULICA					
11	Chequear el nivel de fluido	10H	365	5	MO
12	Revisar por fugas	10H	365	5	MO
13	Cambiar filtro	1000H	2	10	
14	Cambiar fluido	2000H	1	90	
SUBPARTE MANIFOLD					
15	Verificar apriete de pernos de anclaje	100H	26	10	
16	Revisar por fugas en sus conexiones	100H	26	10	
SUBPARTE CILINDRO DE LEVANTE (LIFT)					
17	Revisar los cilindros hidráulicos por deformaciones, fugas ,daños y uso	10H	365	5	MO
18	Revisar correcta operación del cilindro	10H	365	5	MO
SUBPARTE CILINDRO DEL REACH					
19	Revisar los cilindros hidráulicos por deformaciones, fugas ,daños y uso	10H	365	5	MO
20	Revisar correcta operación del cilindro	10H	365	5	MO
SUBPARTE CILINDRO DEL TILT					
21	Revisar el cilindro hidráulico por deformaciones, fugas ,daños y uso	10H	365	5	MO
22	Revisar correcta operación del cilindro	10H	365	5	MO
SUBPARTE CILINDRO SIDE SHIFT					
23	Revisar los cilindros hidráulicos por deformaciones, fugas ,daños y uso	10H	365	5	MO
24	Revisar correcta operación del cilindro	10H	365	5	MO

MÁQUINA: MONTACARGAS #1
CÓDIGO: MR01
PARTE: SISTEMA ELÉCTRICO

SECCIÓN: BODEGA #2

MANUAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Número	Inspección	PER	FRE	DUR	OPE
SUBPARTE BATERÍA					
1	Revisar si esta bien sujeta (mov horiz menor a 13mm)	10H	365	5	
2	Revisar si la parte superior de la batería se encuentra húmeda (reportar)	10H	365	5	
3	Revisar que el conector de la batería no presenta daños	10H	365	5	
4	Verificar que la desconexión de emergencia funciona apropiadamente	10H	365	5	
5	Revisar el nivel de agua	50H	52	5	
6	Revisar la carga, voltaje, gravedad específica (ver referencia)	50H	52	10	
7	Verificar que los tapones no están obstruidos	50H	52	5	
8	Limpia la parte superior de los elementos	50H	52	10	
9	Lavar la batería con solución de agua y bicarbonato de sodio	50H	52	10	
10	Verificar que no hay fugas de voltaje con la carcasa	50H	52	10	
SUBPARTE CONTACTORES					
11	Revisar contactos y conexiones	100H	26	5	
12	Revisar embolo por suave operación	100H	26	5	
SUBPARTE CABLEADO					
13	Revisar condición del cableado	50H	52	5	
14	Revisar conexiones por flojedades	100H	26	5	
SUBPARTE TARJETAS ELECTRÓNICAS					
15	Revisar que están bien sujetas	50H	52	10	
16	Limpia las tarjetas	200H	13	15	
SUBPARTE FUSIBLES					
17	Revisar que los fusibles están bien sujetos	100H	26	5	
SUBPARTE MOTOR DE LEVANTE					
18	Revisar el estado de los carbones	10H	365	5	MO
19	Revisar los conectores	10H	365	5	MO
20	Verificar apriete de pernos de anclaje	100H	26	10	
21	Soplar motor con aire comprimido	100H	26	10	
SUBPARTE MOTOR AUXILIAR					
22	Revisar el estado de los carbones	10H	365	5	MO
23	Revisar los conectores	10H	365	5	MO
24	Verificar apriete de pernos de anclaje	100H	26	10	
25	Soplar motor con aire comprimido	100H	26	10	
SUBPARTE BOCINA					
26	Asegúrese que la bocina suena correctamente	10H	365	5	MO

27	Inspeccione el montaje y el aislamiento entre ella y la carcaza	100H	26	10
----	---	------	----	----

SUBPARTE LUCES

28	Verificar correcta operación de las luces	10H	365	5	MO
----	---	-----	-----	---	----

SUBPARTE VENTILADOR

29	Corroborar correcta operación de ventilador	10H	365	5	MO
30	Limpiar paletas con aire comprimido	100H	26	5	

SUBPARTE ENCODER

31	Verificar correcta operación del encoder	100H	26	5	
32	Verificar tensión de la faja	100H	26	5	

MAQUINA: MONTACARGAS #1

SECCIÓN: BODEGA #2

CODIGO: MR-01

PARTE: CONTROLES

MANUAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Numero	Inspección	PER	FRE	DUR	OPE
SUBPARTE	MOTOR HIDRÁULICO				
1	Revisar por fugas	10H	365	5	MO
2	Verificar apriete de pernos de anclaje	100H	26	10	
SUBPARTE	VÁLVULA DE MANEJO ORBITROL				
3	Revisar por fugas	10H	365	5	MO
4	Revisar movimiento suave con la manivela	10H	365	5	MO
5	Verificar apriete de pernos de anclaje	100H	26	10	
SUBPARTE	JOISTICK				
6	Verificar correcto funcionamiento del joystick	10H	365	5	MO
7	Verificar que al soltarse, vuelve a su posición inicial	10H	365	5	MO
SUBPARTE	FUNCIONES				
8	Operar función lift/lower. Verificar si la respuesta es suave y controlable	10H	365	5	MO
9	Operar función viaje. Verificar que rango de aceleración es suave y controlable	10H	365	5	MO
10	Asegurarse que plugging/regen funciona apropiadamente	10H	365	5	MO
11	Inspeccionar por juego en la posición central de levante (lift) o viaje. Reportar	10H	365	5	MO
12	Ingresar prueba de mantenimiento lift/lower y viaje y revise voltajes. Reportar	10H	365	5	MO

ANEXO 2

6.2 HOJA DE INSPECCIÓN 100 HORAS

HOJA DE INSPECCIONES (100 HORAS)

CÓDIGO

FECHA

HORÍMETRO

KH

HD

HL

TM

PARTE	ACTIVIDAD		OBSERVACIONES, REPUESTOS
BATERÍA	Revisar si está bien sujeta (mov horiz menor a 13mm)		
	Revisar si la parte superior de la batería se encuentra húmeda (reportar)		
	Revisar que el conector de la batería no presenta daños		
	Verificar que la desconexión de emergencia funciona apropiadamente		
	Revisar el nivel de agua		
	Revisar la carga, voltaje, gravedad específica (ver referencia)		
	Verificar que los tapones no están obstruidos		
	Limpiar la parte superior de los elementos		
	Lavar la batería con solución de agua y bicarbonato de sodio		
	Verificar que no hay fugas de voltaje con la carcasa		
MOTOR DE TRACCIÓN, LEVANTE, AUXILIAR	Revisar el estado de los carbones (longitud)		
	Revisar los conectores		
	Verificar apriete de pernos de anclaje		
	Limpiar motor con aire comprimido		
UNIDAD DE MANEJO (TRACCIÓN)	Revisar el estado de los dientes de engranes		
	Revisar si los engranes están lubricados		
	Revisar nivel de fluido		
	Aplicar grasa al engranaje		
	Verificar apriete de pernos de anclaje		
FRENO	Cambiar el nivel del fluido (2000 H)		
	Deshabilita viajar y detiene el montacargas cuando se suelta el pedal		
	Acción suave		
	Revisar nivel de líquido de frenos		
	Revisar apropiada distancia de paro. No sobrepasar distancia de 2,5 m		
	Revisión y ajuste de freno. El movimiento mínimo es de 2,3 mm		
PEDAL HOMBRE MUERTO	Inspeccionar los pads y los discos del rotor. Grosor de ambos 20,32 mm		
	Verificar espaciamiento del disco de freno		
	Revisar operación suave		
RUEDAS (motriz, loca, carga)	Revisar altura del pedal		
	Revisar activación y desactivación de interruptor de hombre muerto		
	Inspeccionar ruedas y llantas por trozos sueltos, uso desigual		
	Revisar montaje del equipo por apropiada instalación y torques		
MASTIL (TORRE)	Inspeccionar los cojinetes de la rueda de carga por apriete o juego		
	Lubricar las ruedas		
	Inspeccionar mástil por deformaciones, grietas, daños y uso		

	Revisar mástil por juego en los rodamientos Revisar soporte del mástil por daños y uso Lubricar pistas de torre		
CADENAS	Inspección visual de cadenas Ajustar cadenas Revisar cadena y piñón por deformaciones, daños, estiramiento y uso Lubricar cadenas		
UÑAS	Revisar las uñas y topes de uñas por deformaciones, daños y uso		
CARCAZA	Inspeccione el exterior de la carcaza por uso Verificar apriete de pernos de montaje		
PROTECTOR DE CABEZA	Revisar por cualquier daño físico Revisar apriete de pernos de montaje		
CARRUAJE SIDE SHIFT	Asegurarse que los pernos de los garfios inferiores están apretados Inspeccionar cojinetes superiores e inferiores		
CARRUAJE REACH	Asegurarse que los pernos de anclaje están apretados		
BOMBA DE LEVANTE, BOMBA AUXILIAR	Revisar bombeo de aceite por daños, fugas o deformaciones Verificar apriete de pernos de anclaje Verificar la condición de los rodamientos (ruido, vibración) Lubricar los ejes con lubricante anti-seize (1000 H)		
MANGUERAS	Revisar mangueras y conectores por fugas Revisar los fittings por fugas		
RESERVA HIDRÁULICA	Chequear el nivel de fluido Revisar por fugas Cambiar filtro (1000 H) Cambiar fluido (2000 H)		
MANIFOLDS	Verificar apriete de pernos de anclaje Revisar por fugas en sus conexiones		
CILINDROS (levant, tilt, reach, sideshift)	Revisar los cilindros hidráulicos por deformaciones, fugas ,daños y uso Revisar correcta operación del cilindro		
CONTACTORES (1S,PC, P, B)	Revisar contactos y conexiones Revisar embolo por suave operación		
CABLEADO	Revisar tensión de las poleas de los cables sobre el mástil Revisar conexiones y estado de cables		
TARJETAS ELECTRÓNICAS	Revisar que están bien sujetas Limpiar las tarjetas (1000 H)		
FUSIBLES	Revisar la condición de fusibles		
BOCINA	Asegúrese que la bocina suena correctamente Inspeccione el montaje y el aislamiento entre ella y la carcaza		
LUCES	Verificar correcta operación de las luces		
VENTILADOR	Corroborar correcta operación de ventilador Limpiar paletas con aire comprimido		
ENCODER	Verificar correcta operación del encoder Verificar tensión de la faja		
CADENAS	inspeccionar por uso y desgaste		

ANTIESTÁTICAS	Limpiar cadena		
MOTOR HIDRÁULICO	Revisar por fugas		
	Verificar apriete de pernos de anclaje		
VÁLVULA DE MANEJO (ORBITROL)	Revisar por fugas		
	Verificar apriete de pernos de anclaje		
JOYSTICK	Verificar correcto funcionamiento del joystick		
	Verificar que al soltarse, vuelve a su posición inicial		
FUNCIONES	Operar función lift/lower. Verificar si la respuesta es suave y controlable		
	Verificar que rango de aceleración es suave y controlable		
	Asegurarse que plugging/regen funciona apropiadamente		
	Inspeccionar por juego en la posición central de levante (lift) o viaje.		
	Ingresar prueba de mantenimiento. Reportar		
LUBRICACIÓN	Side shift		
	Tijeras		
	Reach		
	Unidad de manejo (tracción)		
	Mástil (torre)		
	Ruedas (carga, loca)		
	Cadenas		

ANEXO 3

6.3 HOJA DE INSPECCIÓN DIARIA

MÁQUINA MONTACARGAS RAYMOND #1
 MODELO EASI-DR30TT-B
 SERIE EZ-B-0017517

CÓDIGO: B01-MR01
 SEMANA #

HOJA DE INSPECCIONES DIARIAS MONTACARGAS RAYMOND (10 HORAS)

		L			K			M			J			V			S			OBSERVACIONES
		B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	
HORÍMETRO	Colocar lectura del horímetro (KH)																			LUNES
	Colocar lectura del horímetro (HD)																			
	Colocar lectura del horímetro (HL)																			
	Colocar lectura del horímetro (TM)																			
BATERÍA	Revisar si esta bien sujeta (mov. horiz. Menor a 13mm)																			MARTES
	Revisar si la parte superior de la batería se encuentra húmeda (reportar)																			
	Revisar que el conector de la batería no presenta daños																			
	Desconexión de la batería																			
RUEDAS (motriz, loca, carga)	Inspeccionar ruedas por trozos sueltos, uso excesivo o desigual																			MIERCOLES
	Motriz																			
	Loca																			
	Carga derecha																			
	Carga izquierda																			
REVISAR POR DAÑOS	Uñas, torre, protector de cabeza, carruaje de uñas, carcasa				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CADENAS	Inspección cadenas				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
REVISAR POR FUGAS	Tubería, mangueras																			
	Pistones (levante, reach, tilt, sideshift)																			
UNIDAD DE TRACCIÓN	Revisar nivel de fluido																			JUEVES
RESERVA HIDRÁULICA	Chequear el nivel de fluido																			
PEDAL HOMBRE MUERTO	Revisar operación suave																			
FRENO EMERGENCIA	Deshabilita el manejo del montacargas cuando se suelta el pedal																			
	Acción suave																			
	Nivel de líquido de frenos																			
BOCINA	Asegúrese que la bocina suena correctamente																			VIERNES
LUCES	Verificar correcta operación de las luces																			
VENTILADOR	Verificar correcta operación de ventilador																			
JOYSTICK	Verificar correcto funcionamiento del joystick																			
	Verificar que al soltarse, vuelve a su posición inicial																			
FUNCIONES	Bajar / Levantar. Verificar si la respuesta es suave y controlable																			
	Conducción. Verificar que rango de aceleración es suave y controlable																			SABADO
	Revisar por ruido anormal o vibración																			

OPERADOR
JEFE DE PISO

ANEXO 4

6.4 HOJA DE INSPECCIÓN DE BATERÍAS

BATERIAS
 MODELO: 18-125-17

HOJA DE INSPECCION SEMANAL (50 HORAS)

FECHA
 SEMANA

INSPECCIONES	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
Nivel de agua			
Tapones sin obstrucciones			
Limpiar parte superior de elementos			
Limpieza de batería			
Inspeccionar por fugas			

Voltaje	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5	V 6
Gravedad	G 1	G 2	G 3	G 4	G 5	G 6
Temperatura	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
Voltaje	V 7	V 8	V 9	V 10	V 11	V 12
Gravedad	G 7	G 8	G 9	G 10	G 11	G 12
Temperatura	T 7	T 8	T 9	T 10	T 11	T 12
Voltaje	V 13	V 14	V 15	V 16	V 17	V 18
Gravedad	G 13	G 14	G 15	G 16	G 17	G 18
Temperatura	T 13	T 14	T 15	T 16	T 17	T 18

ANEXO 5
6.5 GANTT ANUAL

GANTT ANUAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO MONTACARGAS RAYMOND

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> MANTENIMIENTO PREVENTIVO (100H) MANTENIMIENTO PREVENTIVO (1000H) MANTENIMIENTO PREVENTIVO (2000H) PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO (COORDINACION CON PROVEEDOR) INICIO DE PLAN (LAS MAQUINAS EN CERO HORAS) | <ul style="list-style-type: none"> MR MONTACARGAS RAYMOND MK MONTACARGAS KOMATSU MC MONTACARGAS CATERPILLAR MT MONTACARGAS TOYOTA MY MONTACARGAS YALE MN MONTACARGAS NISSAN |
|---|---|

SEMANA	ENERO					FEBRERO					MARZO					ABRIL					MAYO					JUNIO					JULIO				
	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				
MR-03																																			
MR-04																																			
MR-01																																			
MR-02																																			

AGOSTO					SETIEMBRE					OCTUBRE					NOVIEMBRE					DICIEMBRE					ENERO			
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4				

ANEXO 6

6.6 HOJAS DE INSPECCIONES REALIZADAS POR LOS
USUARIOS

Mantenimiento Preventivo de Montacargas Eléctrico

Frecuencia Semanal

FMAI 4-6.1.0.3

Equipo: _____

Dato Horímetro: _____

Código Identificación: _____

		Bueno	Malo	Observaciones
	Horímetro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
N i v e l	Nivel aceite transmisión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Nivel aceite hidráulico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Nivel líquido Frenos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
R u e d a s	Ruedas delanteras derechas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ruedas delanteras izquierdas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Rueda Trasera derecha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Rueda Trasera izquierda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
V a r i o s	Luces de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Indicadores de Altura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Funcionamiento Pito	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Funcionamiento acción de frenado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Engrase de Cadenas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Engrase de Torres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Identificación de fugas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Nombre Usuario: _____

Fecha: _____

Mantenimiento Preventivo de Baterías

Frecuencia Semanal

FMAI 4-6.1.0.4

Equipo: _____

Codigo Identificación: _____

	Bueno	Malo	Observaciones
Revisar niveles de electrolito	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Limpieza General de la Batería	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Identificación de fugas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Verificar no obstrucción de Tapones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Nombre Usuario: _____

Fecha: _____

ANEXO 7

6.7 REPUESTOS PARA INSPECCIONES



Central Tel: (506)210-5300 Fax: (506)231-5059
 400 metros Oeste de la Plaza de Deportes,
 La Uruca. San José, Costa Rica
 Apto: 10116-1000
 Cédula Jurídica: 3-101-272187

Proforma No.

CRI140404-02

Departamento de Repuestos

Fecha : 14/Apr/04

Señor (es): CORMAR

ATENCION: SR. LUIS CARBALLO

Teléfono:

Fax:

Item	Cantidad	Numero de parte	Descripcion	Peso Net. Kg.	Precio Unitario	Precio Total
1	1	540-113/250	PISTON		194,107.50	194,107.50
2	2	828-003-308	PIN		12,863.21	25,726.41
3	1	591-501/04	BOMBILLO		3,368.72	3,368.72
4	1	828-006-154/007	JOISTICK		209,307.81	209,307.81
5	2	828-900-067	KIT PIÑONES Y FAJA		27,616.18	55,232.36
6	1	412-443/001	CALCAMONIA		7,212.16	7,212.16
7	8	828-001-523	TOPES DEL REACH		6,299.23	50,393.82
8	4	828-001-656	TOPES SIDESHIFT NO EXISTE		-	-
9	1	828-003-690	CABLE REACH		68,926.33	68,926.33
10	1	828-003-708/499	CABLE TORRE		133,288.00	133,288.00
11	6	840-018	ALEMITES		1,369.40	8,216.38
12	1	828-005-964	PIN		21,088.72	21,088.72
13	2	460-476	BUJES		7,257.81	14,515.61
14	2	460-177	BUJE CENTRAL		2,464.92	4,929.83
15	4	810-126	SEGUROS PISTON		1,095.52	4,382.07
16	1	850-523	TAPON DEL HIDRULICO		30,720.15	30,720.15
17	1	550-015/09	KIT SE SELLOS		36,289.03	36,289.03
18	2	714-206	TORNILLO DE TAPA		1,095.52	2,191.04
19	8	810-733	ROLL		958.58	7,668.62
20	8	840-018	ALEMITES		1,369.40	10,955.18
21	1	870-834/119	FIBRA SUPERIOR FRENO		135,479.04	135,479.04
22	1	870-901/115	FIBRA INFERIOR FRENO		100,924.58	100,924.58
23	1	870-856/111	DISCO FRENO		130,686.15	130,686.15
24	1	828-008-427	ANILLO DE AJUSTE		12,141.99	12,141.99
25	1	444-326	ROLL RUEDA LOCA		39,347.35	39,347.35
26	1	810-947	SEGURO PASADOR		1,049.87	1,049.87
27	8	840-030	ALEMITES		1,095.52	8,764.14
28	1	810-745	PIN		666.44	666.44
29	2	830-129	RESORTE BOMBA FRENO		1,506.34	3,012.67
30	2	1-150-355	INTERRUPTOR S2 PEDAL		3,624.34	7,248.68
31	3	870-903	DEPOSITO LIQ FRENO		13,465.74	40,397.22



AGROSUPERIOR

KOMATSU

Central Tel: (506)210-5300 - Fax: (506)231-5059
 400 metros Oeste de la Plaza de Deportes,
 La Uruca. San José, Costa Rica
 Apto: 10116-1000
 Cédula Jurídica: 3-101-272187

Proforma No.

CR140404-02

Departamento de Repuestos

Fecha : 14/Apr/04

Señor (es): CORMAR **ATENCION: SR. LUIS CARBALLO**
 Teléfono:
 Fax:

32	1	828-003-339/001	RUEDA MOTRIZ CON ARO	385,074.51	385,074.51
33	1	828-003-212	VARILLA NIVEL ACBITE	5,112.42	5,112.42
34	1	828-005-446	VARILLA	8,444.62	8,444.62
35	1	828-005-540	SET ANILLOS TORNAMESA	157,617.63	157,617.63
36	70	850-017	BALINES ROLL TORNAMESA	410.82	28,757.34
37	1	632-078/007	RUEDA LOCA	75,727.67	75,727.67
38	4	632-078/003	RUEDA CARGA	62,946.63	251,786.51
39	2	591-575/001	BULBO	87,276.25	174,552.51
40	1	154-009-117/101	STATIC STRAP	23,197.59	23,197.59

NOTA: OFERTA VALIDA POR 5 DIAS

	Peso Neto (Kg)	150.00	Subtotal	2,478,508.64
Tiempo de entrega:	Peso Neto (lbs)	330.00	IMP VENTAS	322,206.12
La entrega es en: PLAZA			TOTAL GENERAL	2,800,714.76
Forma de Pago: CREDITO				
ASESOR: M JOSE OBREGON / GERARDO ALVARADO				

Para nosotros es un placer ofrecerle repuestos 100% originales.

ANEXO 8

6.8 COEFICIENTES DE “C” Y “F”, UTILIZADOS EN LA FORMULA DE PERDIDAS DE HAZEN-WILLIAMS

Valores del coeficiente C de Hazen-Williams

MATERIAL	C
Hierro galvanizado	125
Acero soldado nuevo	120
Acero soldado viejo	90
Acero soldado con revestimiento	130
Hierro fundido nuevo	130
Hierro fundido viejo s/incrust.	110
Hierro fundido viejo c/incrust.	90
Plástico PVC (D<=38 mm)	140
Plástico PVC (D>38 mm)	150
Cobre y latón	130
Concreto acabado y liso	130
Concreto acabado común	120

Coeficiente f para laterales de aluminio y plástico

NUMERO SALIDAS	Plástico			Aluminio		
	f(a)	f (b)	f (c)	f(a)	f (b)	f (c)
5	0,469	0,337	0,41	0,457	0,321	0,396
10	0,415	0,35	0,384	0,402	0,336	0,371
12	0,406	0,352	0,381	0,393	0,338	0,367
15	0,398	0,355	0,377	0,385	0,341	0,363
20	0,398	0,357	0,373	0,376	0,343	0,36
25	0,384	0,358	0,371	0,371	0,345	0,358
30	0,381	0,359	0,37	0,368	0,346	0,357
40	0,376	0,36	0,368	0,363	0,347	0,355
50	0,374	0,361	0,367	0,361	0,348	0,354
100	0,369	0,362	0,366	0,356	0,349	0,352
200	0,366	0,363	0,365	0,353	0,35	0,352

(a) Cuando la distancia desde la entrada de la lateral a la primera salida es E_a metros

(b) Cuando la primera salida está cerca de la entrada del lateral $<E_a/2$ metros

(c) Cuando la distancia desde la entrada del lateral a la primera salida es $E_a/2$ metros

ANEXO 9

6.9 DIÁMETROS COMERCIALES DE TUBERÍAS DE PVC EN RELACION CON EL SDR

Diámetro nominal		SDR	Diámetro externo medio	Diámetro interno medio	Espesor mínimo	Presión de trabajo		Presión de ruptura		Largo
mm	pulg.					BAR	mH ₂ O	BAR	mH ₂ O	
12	1/2	13,5	21,34	18,2	1,57	22,1	225	70,2	716	6
18	3/4	17	26,67	23,53	1,57	17,6	180	56,2	573	6
25	1	17	33,4	29,48	1,96	17,6	180	56,2	573	6
31	1 1/4	17	42,16	37,18	2,49	17,6	180	56,2	573	6
38	1 1/2	17	48,25	42,58	2,835	17,6	180	56,2	573	6
50	2	17	60,33	53,21	3,56	17,6	180	56,2	573	6
62	2 1/2	17	73,03	64,45	4,29	17,6	180	56,2	573	6
75	3	17	88,9	78,44	5,23	17,6	180	56,2	573	6
100	4	17	114,3	100,64	6,83	17,6	180	56,2	573	6
150	6	17	168,28	148,46	9,91	17,6	180	56,2	573	6
200	8	17	219,08	193,28	12,9	17,6	180	56,2	573	6
25	1	26	33,4	30,36	1,52	11,2	114	35,1	358	6
31	1 1/4	26	42,16	38,9	1,63	11,2	114	35,1	358	6
38	1 1/2	26	48,26	44,56	1,85	11,2	114	35,1	358	6
50	2	26	60,33	55,71	2,31	11,2	114	35,1	358	6
62	2 1/2	26	73,03	67,45	2,79	11,2	114	35,1	358	6
75	3	26	88,9	82,04	3,43	11,2	114	35,1	358	6
100	4	26	114,3	105,52	4,39	11,2	114	35,1	358	6
150	6	26	168,28	155,32	6,48	11,2	114	35,1	358	6
200	8	26	219,08	202,22	8,43	11,2	114	35,1	358	6
250	10	26	273,05	252,07	10,49	11,2	114	35,1	358	6
300	12	26	323,85	298,95	12,45	11,2	114	35,1	358	6
38	1 1/2	32,5	48,25	45,22	1,515	8,8	90	28,1	287	6
50	2	32,5	60,33	56,63	1,85	8,8	90	28,1	287	6
62	2 1/2	32,5	73,03	68,55	2,24	8,8	90	28,1	287	6
75	3	32,5	88,9	83,42	2,74	8,8	90	28,1	287	6
100	4	32,5	114,3	107,28	3,51	8,8	90	28,1	287	6
150	6	32,5	168,28	157,92	5,18	8,8	90	28,1	287	6
200	8	32,5	219,08	205,62	6,73	8,8	90	28,1	287	6
250	10	32,5	273,05	256,23	8,41	8,8	90	28,1	287	6
300	12	32,5	323,85	303,93	9,96	8,8	90	28,1	287	6
38	1 1/2	41	48,26	45,88	1,19	7	71	22,1	225	6
75	3	41	88,9	84,58	2,16	7	71	22,1	225	6
100	4	41	114,3	108,72	2,79	7	71	22,1	225	6
150	6	41	168,28	150,08	9,1	7	71	22,1	225	6
200	8	41	219,08	208,42	5,33	7	71	22,1	225	6
250	10	41	273,05	259,75	6,65	7	71	22,1	225	6
300	12	41	323,85	308,05	7,9	7	71	22,1	225	6

ANEXO 10

6.10 CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFUSORES UTILIZADOS EN
EL PROYECTO



SERIE 1800™ Difusores emergentes

APLICACIONES

1802/1803/1804/1806/1812: Para espacios verdes de pequeñas dimensiones, macizos de flores y arbustos.

1804 SAM/1806 SAM/1812 SAM: Para espacios verdes o macizos de flores en pendientes o sobre terrenos accidentados.

1804-SAM-PRS/1806 SAM-PRS/1812-SAM-PRS: Para espacios verdes o macizos de flores situados en pendientes o en terrenos con grandes diferencias tanto de nivel como de presión, o en zonas con un alto riesgo de vandalismo.

CARACTERÍSTICAS

- Toberas MPR (caudal proporcional a la superficie regada)
- 5 alturas de emergencia
- **Ajuste perfecto del sector a regar por sistema de carraca**
- **Junta limpiadora de estanqueidad comoldeada de una sola pieza**
- Muelle en acero inoxidable muy potente
- Tornillo de ajuste del caudal y del alcance
- **Disponibilidad de una gran gama de toberas (sector, ángulo del chorro y alcance)**
- Filtro situado bajo la tobera (suministrado con la tobera)
- Entrada lateral en los modelos 1806/1812: 1/2"
- Dispositivo anti-drenaje SAM incorporado en los modelos 1804 SAM, 1804 SAM-PRS, 1806 SAM, 1806 SAM-PRS, 1812 SAM y 1812 SAM-PRS que mantiene 4,2 m de columna de agua
- Regulador de presión PRS incorporado (presión seleccionada de 2,1 bares) en los modelos, 1804 SAM-PRS, 1806 SAM-PRS y 1812 SAM-PRS.
- Se suministra con un tapón que evita que entre suciedad al difusor durante la instalación, excepto en los modelos 1803 con la tobera 15 VAN instalada.

La válvula anti-drenaje SAM (Seal-A-Matic™) evita el drenaje en los puntos bajos.



Sin válvula SAM



Con válvula SAM



ESPECIFICACIONES

Presión: 1,0 a 2,1 bares

Alcance: 0,6 m a 5,5 m

Caudal paralelo: 0m³/h a 0,6 bares o presiones superiores; 0,02 m³/h a presiones inferiores a 0,6 bares

DIMENSIONES

Entrada roscada: 1/2" (15/21)

Diámetro: 5,7 cm

Altura del cuerpo: Altura de emergencia:

- | | |
|-----------------|-----------------|
| - 1802: 10,0 cm | - 1802: 5,0 cm |
| - 1803: 12,0 cm | - 1803: 7,6 cm |
| - 1804: 15,0 cm | - 1804: 10,0 cm |
| - 1806: 24,0 cm | - 1806: 15,0 cm |
| - 1812: 40,0 cm | - 1812: 30,0 cm |

MODELOS

1802

1803 con la tobera 15 VAN instalada

1804/1804-SAM/1804 SAM-PRS

1806/1806-SAM/1806 SAM-PRS

1812/1812-SAM/1812 SAM-PRS

ACCESORIOS

PA-8S: Adaptador de plástico para instalar las toberas MPR de los difusores sobre una tubería o elevador con toma roscada de 1/2" (15/21) (ver página 21)

1800-EXT: Alargador de plástico de 16,5 cm para aumentar la altura de emergencia de la tobera (ver página 21)

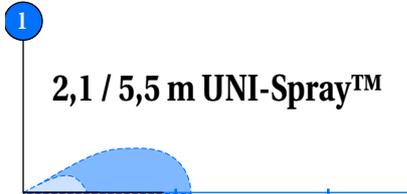
XBA-1800: Adaptador para instalar los micro-aspersores SXB y difusores XS sobre los difusores 1800™ (ver página 21)



Junta limpiadora multifuncional en todos los modelos incluidos SAM y PRS



TABLA DE SELECCION DE LOS ASPERSORES EMERGENTES DIFUSORES



SERIE UNI-Spray™ Difusores emergentes

APLICACIONES

Los difusores UNI-Spray™ están particularmente recomendados para espacios verdes de pequeñas dimensiones, conjuntos de flores y arbustos.

CARACTERISTICAS

- Toberas regulables de tipo VAN pre-montadas en el difusor
- Posibilidad de montar todas las toberas MPR (caudal proporcional a la superficie a regar) y las toberas Serie U para macizos de flores y arrietes
- 2 alturas de emergencia
- Ajuste perfecto del sector a regar mediante un sistema de trinquete
- Junta de estanqueidad activada por presión
- Muelle muy potente en acero inoxidable
- Tornillo de ajuste del caudal y del alcance
- Filtro situado en la misma tobera
- Kit opcional de válvula antidrenaje SAM que retiene hasta 1,5 m. de diferencias de elevación, instalable en difusores ya instalados

ESPECIFICACIONES

Presión: 1,0 a 2,1 bares
Alcance: 2,1 hasta 5,5 m

RENDIMIENTOS

SERIE 10-VAN

	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
360°	1,0	2,1	0,44	96	111
	1,5	2,4	0,53	89	103
	2,0	2,7	0,57	76	88
	2,1	3,1	0,59	63	73
270°	1,0	2,1	0,33	96	111
	1,5	2,4	0,40	89	103
	2,0	2,7	0,43	76	88
	2,1	3,1	0,48	68	79
180°	1,0	2,1	0,22	96	111
	1,5	2,4	0,27	89	103
	2,0	2,7	0,29	76	88
	2,1	3,1	0,33	71	82
90°	1,0	2,1	0,11	96	111
	1,5	2,4	0,13	89	103
	2,0	2,7	0,14	76	88
	2,1	3,1	0,17	73	85

DIMENSIONES

Entrada roscada: 1/2"
Diámetro expuesto: 3,2 cm
Altura del cuerpo:
- US-200: 9,6 cm
- US-400: 15,0 cm
Altura de emergencia:
- US-200: 5,1 cm
- US-400: 10,2 cm

MODELOS

US-210: Toberas serie 10-VAN
US-212: Toberas serie 12-VAN
US-215: Toberas serie 15-VAN
US-410: Toberas serie 10-VAN
US-412: Toberas serie 12-VAN
US-415: Toberas serie 15-VAN
US-418: Toberas serie 18-VAN

ACCESORIOS

US-SAM KIT: Válvula anti-drenaje para difusor UNI-Spray™
PA-8S: Adaptador de plástico para instalar las toberas MPR de los difusores sobre una tubería o elevador con toma roscada de 1/2" (ver página 21)
1800 EXT: Alargador de plástico de 16,5 cm para aumentar la altura de emergencia de la tobera (ver página 21)



US-200

US-400

SERIE 18-VAN

	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
360°	1,0	4,3	0,96	52	60
	1,5	4,8	1,07	47	55
	2,0	5,4	1,20	41	48
	2,1	5,5	1,21	40	46
270°	1,0	4,3	0,72	52	60
	1,5	4,8	0,80	47	55
	2,0	5,4	0,90	41	48
	2,1	5,5	0,91	40	46
180°	1,0	4,3	0,48	52	60
	1,5	4,8	0,54	47	55
	2,0	5,4	0,60	41	48
	2,1	5,5	0,61	40	46
90°	1,0	4,3	0,24	52	60
	1,5	4,8	0,27	47	55
	2,0	5,4	0,30	41	48
	2,1	5,5	0,30	40	46

■ 50%
▲ 50%

SERIE 12-VAN

	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
360°	1,0	2,7	0,40	55	63
	1,5	3,2	0,48	47	54
	2,0	3,6	0,59	46	53
	2,1	3,7	0,60	44	51
270°	1,0	2,7	0,30	55	63
	1,5	3,2	0,36	47	54
	2,0	3,6	0,45	46	53
	2,1	3,7	0,45	44	51
180°	1,0	2,7	0,20	55	63
	1,5	3,2	0,24	47	54
	2,0	3,6	0,30	46	53
	2,1	3,7	0,30	44	51
90°	1,0	2,7	0,10	55	63
	1,5	3,2	0,12	47	54
	2,0	3,6	0,15	46	53
	2,1	3,7	0,15	44	51

SERIE 15-VAN

	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
360°	1,0	3,4	0,60	52	60
	1,5	3,9	0,72	47	55
	2,0	4,5	0,84	41	48
	2,1	4,6	0,84	40	46
270°	1,0	3,4	0,45	52	60
	1,5	3,9	0,54	47	55
	2,0	4,5	0,63	41	48
	2,1	4,6	0,63	40	46
180°	1,0	3,4	0,30	52	60
	1,5	3,9	0,36	47	55
	2,0	4,5	0,42	41	48
	2,1	4,6	0,42	40	46
90°	1,0	3,4	0,15	52	60
	1,5	3,9	0,18	47	55
	2,0	4,5	0,21	41	48
	2,1	4,6	0,21	40	46

**SERIE MPR****Toberas de plástico para difusores de las series 1800™ y UNI-Spray™****CARACTERÍSTICAS**

- Codificadas en la parte superior por colores, para identificar rápidamente el alcance y el sector
- Tornillo de ajuste del caudal y del alcance
- Caudal proporcional a la superficie a regar
- Filtro situado bajo la tobera de fácil acceso
- Se suministran en bolsas con auto cierre por separado, una bolsa para las toberas y otra bolsa para los filtros

ESPECIFICACIONES

Presión: 1 a 2,1 bares*
Alcance: 0,6 a 4,6 m

MODELOS

Serie 5-MPR: Angulo bajo 5°
Serie 8-MPR: Angulo bajo 10°
Serie 10-MPR: Angulo bajo 15°
Serie 12-MPR: Angulo 30°
Serie 15-MPR: Angulo 30°
Serie 15-MPR Cuadrado: Angulo 30°
Serie 5-MPR Inundadores con chorros separados: Angulo 0°



Serie 16-MPR Toberas con chorros separados: Angulo bajo 15°
Serie 22-MPR Toberas con chorros separados: Angulo 35°

*Rain Bird recomienda utilizar los difusores 1800 equipados con el sistema PRS para mantener un óptimo rendimiento de las toberas, en situaciones de elevadas presiones

RENDIMIENTOS**Serie 5-MPR**

	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
5F 	1,0	0,6	0,02	52	60
	1,5	1,0	0,05	47	55
	2,0	1,4	0,08	41	48
	2,1	1,5	0,09	40	46
5H 	1,0	0,6	0,01	52	60
	1,5	1,0	0,02	47	55
	2,0	1,4	0,04	41	48
	2,1	1,5	0,05	40	46
5T 	1,0	0,6	0,01	52	60
	1,5	1,0	0,02	47	55
	2,0	1,4	0,03	41	48
	2,1	1,5	0,03	40	46
5Q 	1,0	0,6	0,01	52	60
	1,5	1,0	0,01	47	55
	2,0	1,4	0,02	41	48
	2,1	1,5	0,02	40	46

Serie 8-MPR

	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
8F 	1,0	1,5	0,12	52	60
	1,5	1,9	0,16	47	55
	2,0	2,3	0,22	41	48
	2,1	2,4	0,23	40	46
8H 	1,0	1,5	0,06	52	60
	1,5	1,9	0,09	47	55
	2,0	2,3	0,11	41	48
	2,1	2,4	0,12	40	46
8T 	1,0	1,5	0,04	52	60
	1,5	1,9	0,06	47	55
	2,0	2,3	0,07	41	48
	2,1	2,4	0,08	40	46
8Q 	1,0	1,5	0,03	52	60
	1,5	1,9	0,04	47	55
	2,0	2,3	0,05	41	48
	2,1	2,4	0,06	40	46

Serie 10-MPR

	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
10F 	1,0	2,1	0,26	58	67
	1,5	2,4	0,29	50	58
	2,0	3,0	0,35	39	45
	2,1	3,1	0,36	37	43
10H 	1,0	2,1	0,13	58	67
	1,5	2,4	0,14	50	58
	2,0	3,0	0,18	39	45
	2,1	3,1	0,18	37	43
10T 	1,0	2,1	0,09	58	67
	1,5	2,4	0,10	50	58
	2,0	3,0	0,12	39	45
	2,1	3,1	0,12	37	43
10Q 	1,0	2,1	0,06	58	67
	1,5	2,4	0,07	50	58
	2,0	3,0	0,09	39	45
	2,1	3,1	0,09	37	43

Serie 12-MPR

	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
12F 	1,0	2,7	0,40	55	63
	1,5	3,2	0,48	47	54
	2,0	3,6	0,59	46	53
	2,1	3,7	0,60	44	51
12TQ 	1,0	2,7	0,30	55	63
	1,5	3,2	0,36	47	54
	2,0	3,6	0,45	46	53
	2,1	3,7	0,45	44	51
12TT 	1,0	2,7	0,26	55	63
	1,5	3,2	0,32	47	54
	2,0	3,6	0,40	46	53
	2,1	3,7	0,40	44	51
12H 	1,0	2,7	0,20	55	63
	1,5	3,2	0,24	47	54
	2,0	3,6	0,30	46	53
	2,1	3,7	0,30	44	51
12T 	1,0	2,7	0,13	55	63
	1,5	3,2	0,16	47	54
	2,0	3,6	0,20	46	53
	2,1	3,7	0,20	44	51
12Q 	1,0	2,7	0,10	55	63
	1,5	3,2	0,12	47	54
	2,0	3,6	0,15	46	53
	2,1	3,7	0,15	44	51

Serie 15-MPR

	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
15F 	1,0	3,4	0,60	52	60
	1,5	3,9	0,72	47	55
	2,0	4,5	0,84	41	48
	2,1	4,6	0,84	40	46
15TQ 	1,0	3,4	0,45	52	60
	1,5	3,9	0,54	47	55
	2,0	4,5	0,63	41	48
	2,1	4,6	0,63	40	46
15TT 	1,0	3,4	0,40	52	60
	1,5	3,9	0,48	47	55
	2,0	4,5	0,55	41	48
	2,1	4,6	0,56	40	46
15H 	1,0	3,4	0,30	52	60
	1,5	3,9	0,36	47	55
	2,0	4,5	0,42	41	48
	2,1	4,6	0,42	40	46
15T 	1,0	3,4	0,20	52	60
	1,5	3,9	0,24	47	55
	2,0	4,5	0,28	41	48
	2,1	4,6	0,28	40	46
15Q 	1,0	3,4	0,15	52	60
	1,5	3,9	0,18	47	55
	2,0	4,5	0,21	41	48
	2,1	4,6	0,21	40	46

Serie 15-MPR Cuadrado

	bar	WxL (m)	m³/h
15SQ 	1,0	5,5 x 5,5	0,61
	1,5	5,8 x 5,8	0,69
	2,0	6,4 x 6,4	0,78
	2,1	7,0 x 7,0	0,85
15EST 	1,0	1,2 x 4,0	0,10
	1,5	1,2 x 4,3	0,11
	2,0	1,2 x 4,3	0,13
	2,1	1,2 x 4,6	0,14
15CST 	1,0	1,2 x 7,9	0,20
	1,5	1,2 x 8,5	0,23
	2,0	1,2 x 8,5	0,25
	2,1	1,2 x 9,2	0,27
15SST 	1,0	1,2 x 7,9	0,20
	1,5	1,2 x 8,5	0,23
	2,0	1,2 x 8,5	0,25
	2,1	1,2 x 9,2	0,27

El espaciamiento de la tobera que riega en cuadrado es igual a su alcance (m)

W = Ancho de cobertura

L = Longitud de cobertura

Serie 5-MPR**Inundadores con chorros separados**

	bar	m	m³/h
5F-B 	1,0	1,5	0,35
	1,5	1,5	0,35
	2,0	1,5	0,35
	2,1	1,5	0,35
5H-B 	1,0	1,5	0,23
	1,5	1,5	0,23
	2,0	1,5	0,23
	2,1	1,5	0,23
5Q-B 	1,0	1,5	0,12
	1,5	1,5	0,12
	2,0	1,5	0,12
	2,1	1,5	0,12
5CST-B 	1,0	1,5	0,12
	1,5	1,5	0,12
	2,0	1,5	0,12
	2,1	1,5	0,12

Serie 16-MPR**Toberas con chorros separados**

	bar	m	m³/h
16F-SLA 	1,0	4,0	0,54
	1,5	4,3	0,60
	2,0	4,6	0,67
	2,1	4,9	0,73
16H-SLA 	1,0	4,0	0,27
	1,5	4,3	0,30
	2,0	4,6	0,34
	2,1	4,9	0,37
16Q-SLA 	1,0	4,0	0,13
	1,5	4,3	0,15
	2,0	4,6	0,17
	2,1	4,9	0,18

Serie 22-MPR**Toberas con chorros separados**

	bar	m	m³/h
22F-SS 	1,0	5,2	0,54
	1,5	5,5	0,60
	2,0	5,8	0,67
	2,1	6,1	0,73
22H-SS 	1,0	5,2	0,27
	1,5	5,5	0,30
	2,0	5,8	0,34
	2,1	6,1	0,37
22Q-SS 	1,0	5,2	0,13
	1,5	5,5	0,15
	2,0	5,8	0,17
	2,1	6,1	0,18

■ 50%

▲ 50%

Caudal para un alcance ajustado a 1,5 m

Nota: No es aconsejable reducir el alcance de una tobera más allá del 25 %

ANEXO 11

6.11 VÁLVULAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO



SERIE DV: 075-DV, 100-DV, 100-DVF y 100-DV-MM

Válvulas eléctricas de plástico

APLICACIONES

Las válvulas DV, DVF y D-MM están destinadas a instalaciones de riego residenciales y públicas de pequeñas dimensiones.

CARACTERISTICAS

- Configuración en línea (modelos DV/DVF)
- **Doble filtración: al nivel de la membrana y del asiento del solenoide**
- **Apertura manual sin fugas de agua por rotación de 1/4 de giro del solenoide**
- **Tornillo de purgado**
- Tornillos cuniformes en acero inoxidable
- Ensamblaje del solenoide/núcleo en una sola pieza
- **Maneta ergonómico para la apertura y cierre manual**
- Control del caudal en la Serie DVF
- Solenoide encapsulado de baja potencia con núcleo cautivo
- Admite solenoides de impulsos Rain Bird (tipo TBOS™), que le permite funcionar con programadores a pilas Rain Bird
- También disponible sin solenoide en los siguientes modelos: 3/4" 075-DV-LESS, 1" BSP 100-DV-LESS, 1" BSP 100-DV-MM LESS.

ESPECIFICACIONES

Caudal:

075-DV: desde 0,05 hasta 5 m³/h

Nota: Para caudales inferiores a 0,75 m³/h o cualquier aplicación de riego localizado, utilizar el filtro RBY-075-200X.

100-DV, 100-DVF y 100-DV-MM: desde 0,75 hasta 9,08 m³/h

Presión de funcionamiento:

desde 1 hasta 10,4 bares

Temperatura del agua: 43° C máximo

Nota: La válvula DV macho x macho no se recomienda con caudales superiores a 6,8 m³/h

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS

Solenoide 24 V - 50 Hz

Corriente de arranque: 0,30 A (7,2 VA)

Corriente de régimen: 0,19 A (4,6 VA)

DIMENSIONES

075-DV y 100-DV

Altura: 11,4 cm

Longitud: 11,1 cm

Ancho: 8,4 cm

100-DVF

Altura: 14,2 cm

Longitud: 11,1 cm

Ancho: 8,4 cm

100-DV-MM

Altura: 11,4 cm

Longitud: 13,6 cm

Ancho: 8,4 cm



MODELOS

075-DV: 3/4" (20/27) roscada hembra

075-DV LESS: 3/4" (20/27) rosca hembra, sin solenoide

100-DV: 1" (26/34) BSP roscada Hembra

100-DV LESS: 1" (26/34) rosca hembra, sin solenoide

100-DVF: 1" (26/34) BSP roscada hembra con regulador de caudal

100-DV-MM: 1" (26/34) BSP roscada Macho

100-DV-MM LESS: 1" (26/34) rosca macho, sin solenoide

ACCESORIOS

MTT-100: Te de derivación para válvulas de 1" (26/34) (ver página 67)

DBY, DBR, DBM: Conexiones estancas Rain Bird (ver página 67)

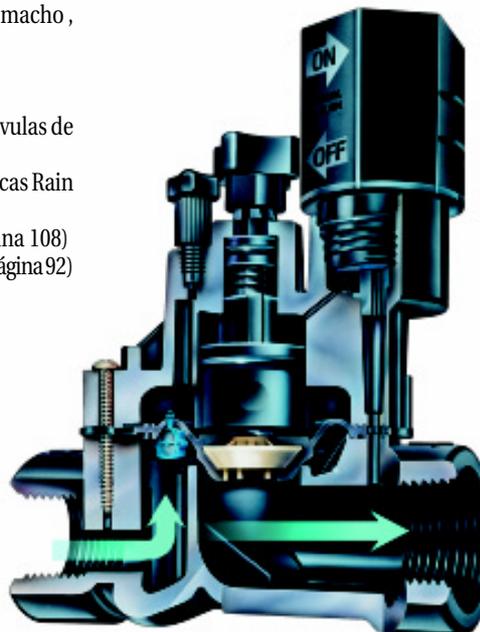
RBY-075-200X: Filtro en Y (ver página 108)

Solenoide de impulsos TBOS™ (ver página 92)

RENDIMIENTOS: Pérdidas de carga (bares)

m ³ /h	075-DV	100-DV 100-DVF* 100-DV-MM
0,25	0,18 bar	-
0,75	0,18 bar	0,15 bar
1,00	0,20 bar	0,17 bar
2,00	0,24 bar	0,19 bar
5,00	0,37 bar	0,31 bar
7,50	-	0,48 bar
9,08	-	0,60 bar

* Los valores de pérdidas de carga son tomados con el regulador de caudal totalmente abierto





SERIE PEB: 100-PEB, 100-PESB, 150-PEB, 150-PESB, 200-PEB y 200-PESB

Válvulas eléctricas

APLICACIONES

Estas válvulas están diseñadas para instalaciones de riego automático de espacios verdes, tales como parques, campos de deporte.

CARACTERÍSTICAS

- Configuración en línea
- Válvula fabricada en nylon reforzado con fibra de vidrio
- Cierre lentamente para prevenir golpes de ariete con los consiguientes daños del sistema
- Funcionamiento en amplia gama de presión
- Apertura manual sin fuga de agua por rotación de 1/4 de giro del solenoide
- Solenoide con manecilla ergonómica
- Ensamblaje solenoide/núcleo de una sola pieza
- Filtro auto-limpiante en la Serie PEB
- Dispositivo depurador en la Serie PESB: un raspador activado mediante el desplazamiento del diafragma limpia el filtro de acero inoxidable en cada apertura y cierre de la válvula
- Solenoide encapsulado de baja potencia con núcleo cautivo
- Control del caudal
- Purgado externo mediante el tornillo de purgado
- Posibilidad de instalación de un regulador de presión PRS-Dial ajustable desde 1,0 hasta 6,9 bares (opcional)
- Admite solenoide de impulsos Rain Bird (tipo TBOS™), que le permite funcionar con programadores a pilas Rain Bird.

Importante: No sobrepasar la presión de 10 bares al utilizar solenoide de impulsos

ESPECIFICACIONES

Caudal: desde 0,06 hasta 45,0 m³/h

Caudal con PRS-Dial: desde 5,0 hasta 45,0 m³/h

Presión: desde 1,4 hasta 13,8 bares

Temperatura: 66° C máximo

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS

Solenoide 24V - 50 Hz

Corriente de arranque: 0,41 A (9,9 VA)

Corriente de régimen: 0,23 A (5,5 VA)

DIMENSIONES

100-PEB y 100-PESB

Altura: 16,5 cm

Longitud: 10,2 cm

Ancho: 10,2 cm

150-PEB y 150-PESB

Altura: 20,3 cm

Longitud: 15,2 cm

Ancho: 15,2 cm

200-PEB y 200-PESB

Altura: 20,3 cm

Longitud: 15,2 cm

Ancho: 15,2 cm



RENDIMIENTOS: Pérdidas de carga (bares)

m ³ /h	100-PEB 100-PESB	150-PEB 150-PESB	200-PEB 200-PESB
0,06	0,05		
1	0,11		
2	0,12		
3	0,15		
4	0,18		
5	0,24	0,27	
6	0,32	0,26	
7	0,41	0,24	
8	0,54	0,21	
9	0,68	0,19	
10	0,84	0,18	
12		0,18	0,21
14		0,22	0,21
16		0,26	0,20
22		0,55	0,26
28		0,98	0,46
34		1,46	0,69
40			0,95
45			1,18

* Los valores de pérdidas de carga son tomados con el regulador de caudal totalmente abierto

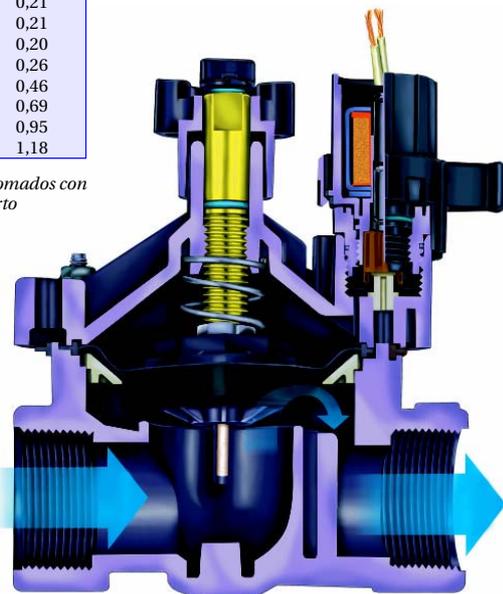
ACCESORIOS

PRS-Dial: Módulo de regulador de presión

(ver página 66)

Solenoide de impulsos TBOS™ (ver página 92)

Nota: El PRS-Dial instalado aumenta en 5 cm la altura de la válvula



MODELOS

100-PEB: 1" (26/34) BSP rosca Hembra

100-PESB: 1" (26/34) BSP rosca Hembra con dispositivo depurador

150-PEB: 1,5" (40/49) BSP rosca Hembra

150-PESB: 1,5" (40/49) BSP rosca Hembra con dispositivo depurador

200-PEB: 2" (50/60) BSP rosca Hembra

200-PESB: 2" (50/60) BSP rosca Hembra con dispositivo depurador

ANEXO 12

6.12 CONTROLADOR UTILIZADO EN EL PROYECTO



Serie ESP-Modular

El Nuevo Programador Híbrido: electrónico y electromecánico

APLICACIONES

Maximice su productividad con este programador fácil de utilizar y potente. El programador ESP Modular es la solución para aplicaciones residenciales y zonas verdes comerciales.

CARACTERISTICAS

- Programador Híbrido: Programador electrónico con características de programación de un programador electromecánico
- **Modelo básico de 4 estaciones con la capacidad de instalar hasta tres módulos de 3 estaciones hasta tener una capacidad de 13 estaciones.**
- Gran pantallas para facilitar la Programación
- La "Estación Auxiliar™" (estación 13) puede seleccionarse para conectar un sensor o funcionar como una estación normal.
- **Memoria no volátil que mantiene la Programación durante un corte de electricidad**
- Control del aporte del agua (0-200%) que ajusta el tiempo de riego de todas las estaciones
- Característica de Desconexión Permanente del riego que evita el riego de un día o una semana en un ciclo
- Terminal de Sensor que permite al usuario conectar fácilmente un sensor para mayor eficiencia del agua
- Piloto luminoso que indica el estado del pluviómetro (activado o desactivado)
- Disyuntor de diagnóstico que identifica la estación con problemas de la válvula o cableado y continuará con el riego del resto de las estaciones
- Función de Diagnóstico de Programación que alerta al usuario de errores de programación o condiciones de programación que previenen riegos con peligro de escorrentía
- **Configuración "Contractor" por Defecto™ que permite al contratista seleccionar su propio programa por defecto y seleccionarlo únicamente con pulsar un botón**
- "Regleta de Comprobación de Válvula" que permitirá al contratista comprobar el cableado de la válvula durante la instalación.



- Modelos de montaje exterior con transformador interno
- Armario resistente con caja de conexión interna para limpieza e instalación profesional
- Armario con llave

ESPECIFICACIONES

Número de programas: 3
 Arranques: 4 por día y por programa con un total de 12 horas de arranque
 Calendarios de Programación:
 - Semanal 7-días
 - Días pares
 - Días impares +/- 31
 - Cíclicos
 Desconexión permanente de 1 día
 Tiempo de riego: 0 a 4 horas para cada estación

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS

Alimentación primaria: 230VAC - 50Hz
 Alimentación secundaria: 25,5 VAC 1A
 Protección contra sobretensiones integrada para proteger los circuitos. La regleta de salida cuenta con un varistor MOV para cada estación
 Posibilidad de alimentar hasta 2 solenoides de válvula Rain Bird 24 VAC, 7A, mas una válvula maestra.

DIMENSIONES

Anchura: 27,2 cm
 Altura: 19,5 cm
 Profundidad: 11,2 cm

MODELOS

IESP-4M : ESP Modular Montaje Exterior, 50Hz

ACCESORIOS

Módulo de extensión de 3-estaciones
 RSD-BEx: Pluviómetro Rain Sensor (Ver Página 80)
 MS-100: Sensor de Humedad (Ver Página 80)



ANEXO 13

6.13 PLANOS

[Anexos\riego.dwg](#)