

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA INFORMÁTICA**

RECUPERACIÓN DE DISEÑO Y FUNCIONALIDAD DE UNA APLICACIÓN UTILIZANDO INGENIERÍA INVERSA

AUTOR: ALEJANDRO VÁSQUEZ SALGADO

**INFORME FINAL DEL PROYECTO
PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO DE
EJECUCION EN INFORMATICA.**

JUNIO 2004

DEDICATORIA

A mi familia y amigos por incentivarme a terminar este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios que me dio la fortaleza necesaria para poder llevar a cabo todo el proceso de aprendizaje dentro de la Universidad

A mi familia, que me ha apoyado incondicionalmente durante todas las etapas de mi vida.

Finalmente quiero dar gracias a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, especialmente a la Escuela de Ingeniería Informática que me brindó todas las herramientas necesarias para cumplir en forma íntegra todo el proceso de aprendizaje a lo largo de la carrera, y a los profesores, que con su orientación y conocimientos han forjado un profesional mas en el área informática.

Gracias a todos.

ÍNDICE

1.0	INTRODUCCIÓN	1
2.0	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	2
2.1	OBJETIVOS GENERALES	2
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3.0	METODOLOGÍA	3
4.0	PLAN DE TRABAJO	6
4.1	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	6
4.2	OBTENCIÓN DE ARTEFACTOS BÁSICOS Y AGRUPACIÓN DE FUNCIONES.....	6
4.3	ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO	6
4.4	GENERACIÓN DE ARTEFACTOS	6
5.0	DEFINICIONES PRELIMINARES	7
5.1	DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN	7
5.2	ENTORNO DEL SISTEMA: CLIENTES Y USUARIOS	8
5.3	FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA A ALTO NIVEL	9
5.3.1	<i>Administración de Intervenciones</i>	9
5.3.2	<i>Administración de Horómetros</i>	10
6.0	ELABORACIÓN	11
6.1	DIAGRAMA DE CASO DE USO DE ALTO NIVEL	11
6.2	DIAGRAMA DE BASE DE DATOS	12
6.3	DIAGRAMA DE CASOS DE USO EXPANDIDOS	14
6.4	DIAGRAMA DE CLASES CONCEPTUAL	15
6.5	DIAGRAMAS DE SECUENCIA	16
6.6	DIAGRAMA DE CLASES	18
7.0	CONCLUSIONES	19
8.0	ANEXO: CASOS DE USO EXPANDIDOS	21
9.0	REFERENCIAS	34

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **RMMP:** Repair an maintenance management program, programa de administración de mantenimiento y reparación.
- **Faena:** lugar geográfico en donde operan los equipos.
- **Flota:** agrupación de equipos que operan en una faena.
- **Horómetro:** es un componente de un equipo que lleva el conteo de la cantidad de horas en que el equipo ha estado encendido.
- **Horas cliente:** corresponden a las horas de cargo del cliente en las que el equipo estuvo encendido pero no en operación (horas de reserva, espera de operador, espera de cargador, etc.), las que luego, son descontadas de las horas operacionales.
- **Horas nominales:** Son las horas que estarán disponibles los equipos (según contrato) para un día.
- **Avance de horómetros:** diferencia entre el horómetro de inicio del día y el horómetro de término.
- **Constante de horómetro:** acumulación de horas producto del cambio de un horómetro las que deben quedar registradas ya que el nuevo horómetro comienza su conteo desde cero.
- **Variación de horómetros:** es el avance del horómetro de un equipo mientras está en mantenimiento.
- **Intervención:** es una detención de un equipo provocada por un mantenimiento programado o imprevisto y en ella se detalla el trabajo realizado en el equipo.
- **Líneas de intervención:** detalle de una actividad realizada en un equipo.
- **Conciliación:** corresponde a la asignación contractual de tiempo a una línea de intervención. En acuerdo con el cliente, una línea puede tener más o menos tiempo asignado del que realmente fue utilizado en la ejecución del trabajo.
- **Día de disponibilidad:** corresponde a la fecha contractual dada por la hora de inicio de operación de la faena, más la cantidad de horas definidas para un día (horas nominales)

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA 1: RELACIÓN ENTRE TÉRMINOS	4
FIGURA 2: ENTORNO DE LA APLICACIÓN.....	8
FIGURA 3: DIAGRAMA DE OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE INTERVENCIONES. 9	
FIGURA 4: DIAGRAMA DE OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE HORÓMETROS.	10
FIGURA 5: DIAGRAMA DE CASO DE USO DE ALTO NIVEL.	11
FIGURA 6: DIAGRAMA DE BASE DE DATOS.	12
FIGURA 7: DIAGRAMA ENTIDAD – RELACIÓN.	13
FIGURA 8: DIAGRAMA DE CASOS DE USO EXPANDIDOS.....	14
FIGURA 9: DIAGRAMA DE CLASES CONCEPTUAL.	15
FIGURA 10: DIAGRAMAS DE SECUENCIA AGREGAR CARÁTULA.	16
FIGURA 11: DIAGRAMA DE SECUENCIA ACTUALIZAR LÍNEA.....	17
FIGURA 12: DIAGRAMA DE CLASES.....	18

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: AGREGAR CARÁTULA.	21
TABLA 2: AGREGAR LÍNEA.	22
TABLA 3: ACTUALIZAR LÍNEA.	23
TABLA 4: ADMINISTRAR PERSONAL.	24
TABLA 5: ADMINISTRAR ACEITES.	25
TABLA 6: ADMINISTRAR FILTROS.	26
TABLA 7: ELIMINAR INTERVENCIONES.	27
TABLA 8: CERRAR INVENTARIO.	28
TABLA 9: CONCILIAR INTERVENCIÓN.	29
TABLA 10: AGREGAR HORÓMETRO.	30
TABLA 11: MODIFICAR HORÓMETRO.	31
TABLA 12: ELIMINAR HORÓMETRO.	32
TABLA 13: ADMINISTRAR CONSTANTE.	33

RESUMEN

En este proyecto se aborda la recuperación de la especificación de diseño y funcional de dos procesos de una aplicación basada en web. Como la aplicación ya existe y el problema es mostrar el “cómo” funciona, es que se ha decidido utilizar ingeniería inversa para representar lo que debió ser un análisis-diseño en la construcción de la aplicación. Al conocer la funcionalidad y el diagrama relacional de la base de datos de la aplicación, es posible desarrollar la especificación funcional y de diseño del producto analizado.

Como resultado, se obtiene un nivel de abstracción tal, que es posible entender el funcionamiento de estos procesos representados a través de artefactos de UML. Así, las principales funcionalidades de los procesos estudiados estarán representadas por casos de uso, cuyos escenarios estarán especificados por diagramas de secuencia.

Para concluir, se comentarán las ventajas y desventajas al utilizar ingeniería inversa sobre la aplicación en estudio y como ellas generan oportunidades de mejora y recomendaciones para futuros desarrollos.

Palabras-clave: ingeniería inversa, recuperación de diseño.

ABSTRACT

In this project is tackled the recuperation of the design and functional specification about two process in a web based application. As the application under study is operating, the problem is to understand what the program does. To solve this, it has been decided to use reverse engineering to represent its analisis-design abstraction. On having knowledge of the functionality and the database relational model, it is possible to develop the design and functional specification of the analyzed product.

As result, it is obtained a level of abstraction that is possible to understand the functioning of these processes represented across UML's appliances. By this way, the principal functionalities of the studied processes are represented by use cases and its scenarios by sequence diagrams.

To conclude, we commented the advantages and disadvantages using inverse engineering on the application in study and as they generate opportunities of improvement for future developments.

Keywords: reverse engineering, design recovery.

1.0 Introducción

Disciplina, es uno de los objetivos que persigue la ingeniería de software abogando por orden y metodologías para obtener como resultado un producto en el menor tiempo posible, al menor costo y que obviamente funcione.

No obstante, en algunas ocasiones esta “disciplina” se diluye a consecuencia de presiones por terminar el software a tiempo, por reducir los costos más allá de lo presupuestado o por agregar nuevas funcionalidades durante el proceso de desarrollo, las que mayoritariamente, hacen su aparición en las últimas etapas de implementación.

Para mitigar el riesgo de la pérdida de disciplina, la ingeniería de software ha puesto al alcance de todos, diversas metodologías y herramientas orientadas a llevar de mejor manera la fabricación de un producto de software que, lamentablemente, no siempre son tomadas en cuenta, teniendo como consecuencia: productos no documentados, entregas fuera de plazo, procesos que no funcionan y una serie de otros problemas.

Es la pérdida de esta disciplina la que llevó a dejar de documentar algunas funcionalidades de sistema de administración de reparaciones y mantenciones (RMMP) de Komatsu Chile, ya que fueron apareciendo nuevas funcionalidades que modificaron las anteriores y como resultado, se obtuvo un producto que como caja negra, nadie sabe cómo funciona por dentro.

Ahora, surge la necesidad de conocer el diseño de esta aplicación para poder estudiar e implementar una lógica similar en otra aplicación. Para esto se aplicará ingeniería inversa para poder obtener la especificación de diseño y funcional de los principales módulos de RMMP.

2.0 Definición de Objetivos

2.1 Objetivos Generales

Obtener la especificación de diseño y funcional de los módulos de administración de intervenciones y administración de horómetros en el sistema de administración de reparaciones y mantenciones (RMMP) de Komatsu Chile, aplicando ingeniería inversa.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar y aplicar los conceptos genéricos que engloba la ingeniería inversa distinguiendo aquellos que puedan aportar en este caso.
- Estudiar el entorno de la aplicación para conocer el “cómo funciona” y la relevancia de los procesos a intervenir.
- Obtener los artefactos que definen la especificación de diseño y funcional de los módulos de administración de intervenciones y administración de horómetros.

3.0 Metodología

La metodología aplicada en este proyecto se basa en la ingeniería inversa, la cual, permite la recuperación de diseño con cierto nivel de abstracción.

El término “ingeniería inversa” tiene sus orígenes en el mundo del hardware. ¿Para qué utilizar ingeniería inversa en un hardware?, básicamente para comprender los “secretos” del diseño y fabricación de otra empresa que fabrica un mismo producto. Estos secretos se podrán comprender más fácilmente si se obtuvieran las especificaciones de diseño y fabricación del mismo. Pero estos documentos son privados, y no están disponibles para la compañía que efectúa la ingeniería inversa. En esencia, una ingeniería inversa con éxito precede de una o más especificaciones de diseño y fabricación para el producto, mediante el examen de ejemplos reales de ese producto.

La ingeniería inversa del software es algo bastante similar. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el programa del cual hay que hacer una ingeniería inversa no es el de una empresa de la competencia, sino, más bien, el propio trabajo de la compañía (con frecuencia efectuado hace muchos años). Los “secretos” que hay que comprender resultan incomprensibles porque nunca se llegó a plasmar la especificación en algún documento o diagrama. Así, la ingeniería inversa del software es el proceso de análisis de un programa con el fin de crear una representación “entendible” del programa, o dicho de manera elegante, con un nivel de abstracción más elevado que el código fuente. [1].

También es considerado como un proceso que recorre hacia atrás el ciclo de desarrollo de software, algo así como aplicar “cascada” pero al revés.[4]

Para ubicar el contexto en el que se desenvuelve la ingeniería inversa se utilizan tres términos que identifican el ciclo de vida de un software con niveles de abstracción claramente definidos, tal como lo muestra la **Figura 1**:

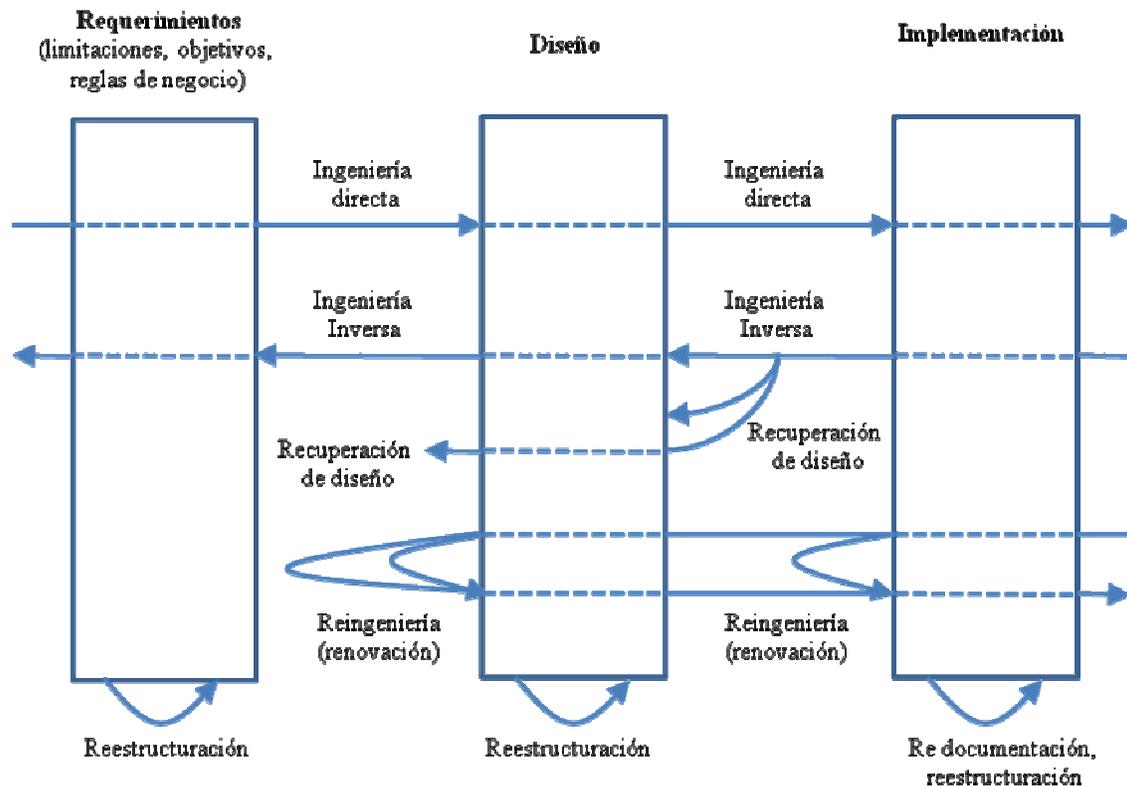


Figura 1: Relación entre términos

- **Requerimientos:** especificación del problema a resolver, objetivos, restricciones, y reglas del negocio.
- **Diseño:** especificación de la solución.
- **Implementación:** codificación, testeo y entrega del sistema a operación.

A menudo, la ingeniería inversa implica el estudio de la funcionalidad completa de un sistema, pero no es un requisito. Se puede realizar ingeniería inversa a partir de cualquier nivel de abstracción o en cualquier fase del ciclo de vida del software. La ingeniería inversa no implica modificar el sistema en estudio o la creación de otro en base al diseño obtenido. "It is a process of examination, not a process of change or replication." [2]

Existen muchas áreas en la ingeniería inversa, dos de las cuales son nombradas recurrentemente por diversos autores [2]:

Re-documentación: es la creación o revisión de una representación semánticamente equivalente al mismo nivel de abstracción. Como resultado se obtienen vistas consideradas como alternativas y que pueden ser comprendidas por cualquier persona, como flujos de datos, estructuras de datos y flujos de control. Es la forma más simple y antigua de ingeniería inversa y muchos la consideran no intrusiva, pero débil a la hora de querer reconstruir.

Recuperación de diseño (design recovery): es una sub área de la ingeniería inversa en la cual el conocimiento del entorno, información externa y suposiciones o ideas confusas, son digeridos para poder identificar las abstracciones más significativas a alto nivel, aparte de las obtenidas por examinar el sistema. La recuperación de diseño re-crea la abstracción de diseño a partir del estudio del código, documentación de diseño (si es que existe), experiencia personal, y cualquier conocimiento que se tenga a mano y que describa el dominio de la aplicación. Debe entregar toda la información para entender lo que una aplicación hace y responder a, ¿cómo lo hace?, ¿por qué lo hace?, etc.

Según lo explicado más arriba, en este proyecto se utilizará la recuperación de diseño para poder cumplir los objetivos.

4.0 Plan de Trabajo

4.1 Recopilación de Información

En esta etapa se procede a la recopilación de información respecto de cómo aplicar la ingeniería inversa sobre el problema. Además de información relacionada al entorno y funcionamiento de la aplicación.

4.2 Obtención de artefactos básicos y agrupación de funciones

Esta etapa consiste en obtener artefactos basados en UML [3], a partir de los cuales comenzará la inversa para obtener el diseño (diagramas de caso uso de alto nivel y diagrama de base de datos). En base a esto se agruparán aquellas funcionalidades que necesitarán revisión de código para poder conocer su funcionamiento.

4.3 Especificación de casos de uso

Se especificarán los casos de uso [5] según las funcionalidades encontradas en la exploración del código, el entorno de la aplicación y el conocimiento propio.

4.4 Generación de artefactos

- Obtención del diagrama de base de datos que soporta las funcionalidades de alto nivel (administración de horómetros e administración de intervenciones).
- Obtención y estudio de funcionalidades desconocidas desde el código del sistema.
- Diagrama de Entidad-Relación: con el diagrama de base de datos es posible deducir el diagrama de E-R el que luego será utilizado para justificar, a alto nivel, la relación entre un análisis-diseño orientado a objeto y la implementación final en una base de datos relacional
- Diagrama de casos de uso expandidos: se abrirán aquellos casos de uso que necesiten ser más detallados y así mostrar de mejor manera su funcionalidad. Como resultado de esto se obtienen los posibles escenarios que luego se representarán en los diagramas de secuencia.
- Diagrama de clases conceptual: este modelo describe la estructura estática del sistema, captura los requerimientos en clases, atributos y asociaciones entre distintos elementos del modelo.
- Diagramas de Secuencia: con estos diagramas, se representarán aquellos escenarios que sean necesarios explicar.
- Diagrama de Clases: Complementa al diagrama de clases conceptual agregando las operaciones que se ejecutan entre los objetos.

5.0 Definiciones Preliminares

5.1 Descripción de la organización

Komatsu [6] es una empresa de origen nipón que se dedica al desarrollo, fabricación, venta, mantención y reparación de equipos para la construcción y la gran minería.

小松市, Komatsu en japonés quiere decir “árbol nuevo”. Además es una ciudad del sur de Japón en la provincia de Ishikawa. Tiene sucursales en todo el mundo las que, apoyadas por sus distribuidores, conforman una gran red de distribución y soporte. Las principales fábricas de equipos están en Japón (equipos de menor envergadura y componentes electrónicos), Alemania (excavadoras y palas hidráulicas de gran tonelaje) y Estados Unidos (camiones eléctricos, camiones autónomos y equipos de construcción). Además posee fábricas de manufactura de componentes para equipos situadas en Estados Unidos, Sudáfrica, Alemania y Chile (Antofagasta). Los equipos Komatsu están en Chile hace más de 50 años. En 1998, Komatsu Latin America toma el control directo de todos los negocios y distribución de equipos en Chile.

Para el año 2008, las ventas de Komatsu Chile bordearon los US\$660 millones con una dotación de 2500 personas aproximadamente.

RMMP, nace como necesidad dentro de la Gerencia de Operaciones, perteneciente a la División Minería de Komatsu Chile, la cual es la encargada de administrar y operar los contratos MARC. Los contratos MARC son contratos de mantención y reparación integral de equipos mineros in situ. A través de estos contratos, el cliente y dueño de los equipos, le entrega a Komatsu la responsabilidad de mantener disponibles para operación sus equipos. Mantener disponibles los equipos significa gestionar la reparación y recambio de componentes, compra de repuestos y planificación de las mantenciones preventivas, maximizando los recursos y minimizando los costos para obtener un buen margen de ganancia. El buen desempeño de un MARC es medido a través de índices de disponibilidad de equipos, confiabilidad de equipos, cumplimiento de los planes de mantención y de recambio de componentes, etc.

Para obtener todos estos índices, es necesario registrar información de horas operadas de los equipos, horas de panne, horas y cantidad de reparaciones imprevistas, etc.

En este punto surge la necesidad de crear una aplicación que permita el registro de los datos antes mencionados para poder generar la información necesaria que permita una buena gestión y operación de un contrato MARC.

5.2 Entorno del Sistema: Clientes y Usuarios

Los principales usuarios de la aplicación se encuentran ubicados en los distintos centros de trabajo (faenas mineras) distribuidos geográficamente a lo largo del país. Es en faena en donde se alimenta la aplicación a través de las hojas de reparación (documento físico) generadas por los técnicos mecánicos, la cual detalla el trabajo realizado en una máquina. Luego el área de “Planificación e Ingeniería” ingresa a la aplicación lo detallado en la hoja de reparación (específicamente, el rol de Estadístico). Esta área es el cliente directo de la aplicación, ya que desde la gestión que ella realice sobre la información ingresada, las demás áreas de la empresa podrán extraer información para la toma de decisiones, tal como se muestra en la **Figura 2**.

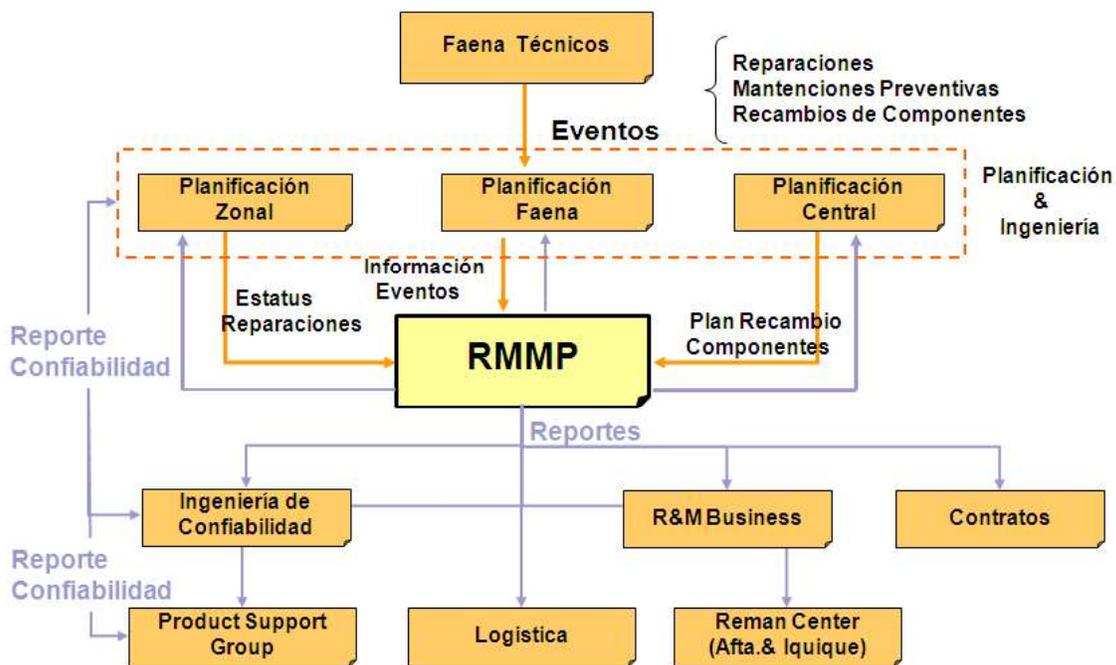


Figura 2: Entorno de la Aplicación

5.3 Funcionalidades del Sistema a Alto Nivel

Las funcionalidades abordadas en este proyecto son las siguientes:

5.3.1 Administración de Intervenciones

Permite el registro de las detenciones, mantenimientos o reparaciones de equipos, además de asociar mecánicos, aceites y filtros a las tareas realizadas en ellas. Con el registro de intervenciones se obtiene el historial de reparaciones y mantenimientos de un equipo además de la duración de cada una de estas actividades, para luego generar reportes de índices de disponibilidad, confiabilidad, desviación de mantenimiento, etc. La siguiente figura muestra el entorno en el que se desarrolla el proceso de administración de intervenciones, desde la generación de la información hasta su ingreso.

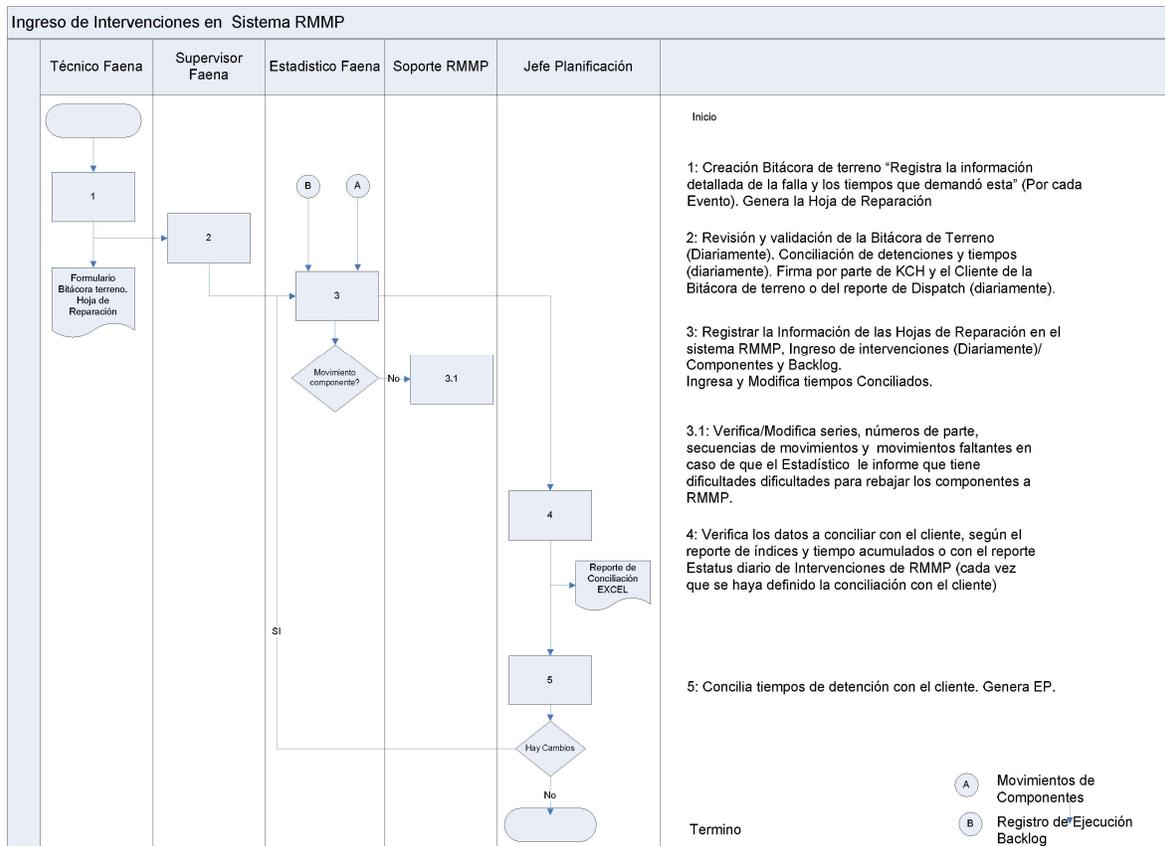


Figura 3: Diagrama de obtención de datos para el proceso de administración de intervenciones.

5.3.2 Administración de Horómetros

Permite el registro del avance de horómetros diarios, la modificación de horómetros y el ingreso de constantes. Estos datos se utilizan luego para medir tiempo de utilización de los equipos y de sus componentes. Además, son la base para la generación de los estados de pago. La siguiente figura muestra el entorno en el que se desarrolla el proceso de administración de horómetros, desde la generación de la información hasta su ingreso.

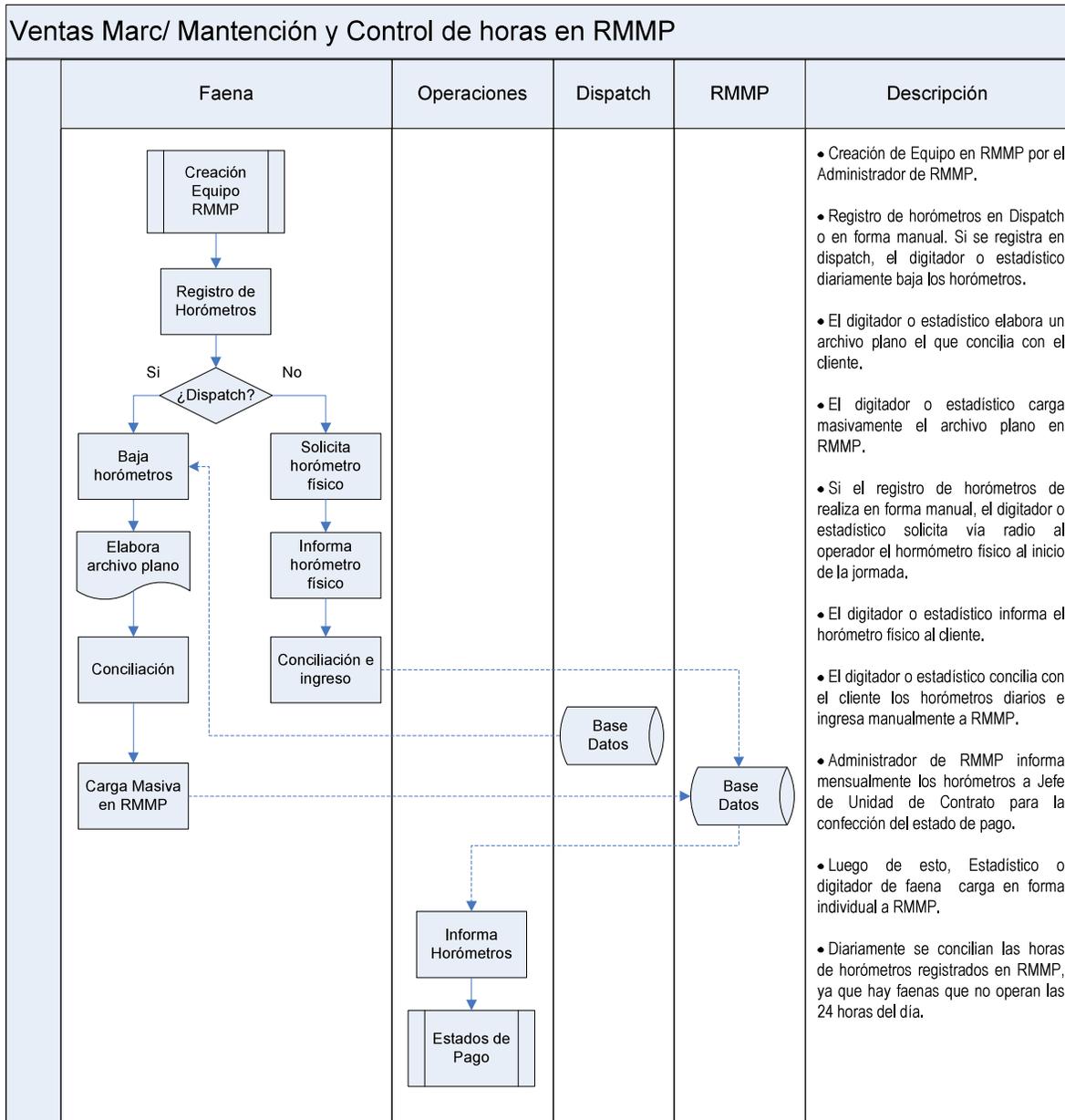


Figura 4: Diagrama de obtención de datos para el proceso de administración de horómetros.

6.0 Elaboración

6.1 Diagrama de caso de uso de alto nivel.

Según las funcionalidades antes descritas y la diagramación del proceso en que están involucrados ambos procesos (administración de intervenciones y horómetros), se presenta en la figura (figura 5) el diagrama de casos de uso de alto nivel. Todas estas funcionalidades están soportadas luego, por el diagrama de base de datos que presenta la aplicación (figura 6).

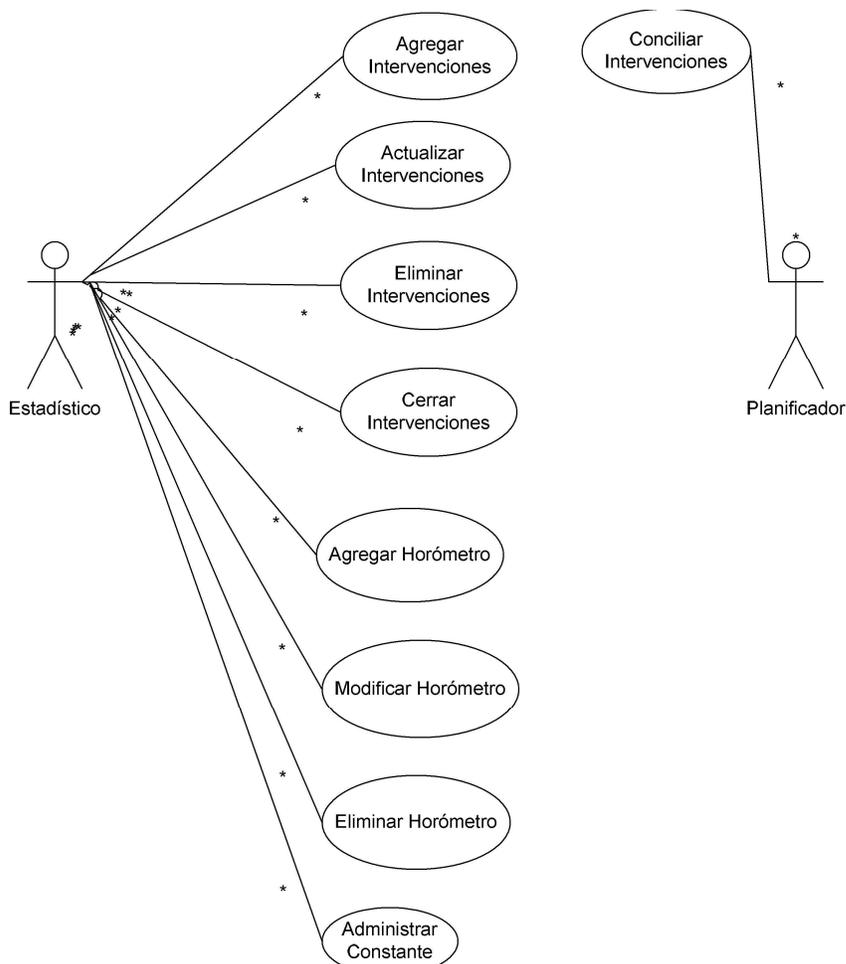


Figura 5: Diagrama de caso de uso de alto nivel.

6.2 Diagrama de Base de Datos

El motor de base de datos sobre el cual está montada la aplicación es Microsoft SQL Server 2005 [7]. Una de sus utilidades es el Enterprise Manager, el cual permite, por cada base de datos generar una vista gráfica de las tablas y sus relaciones. Se utilizó esta herramienta para extraer la estructura que soporta los procesos de administración de intervenciones y horómetros.

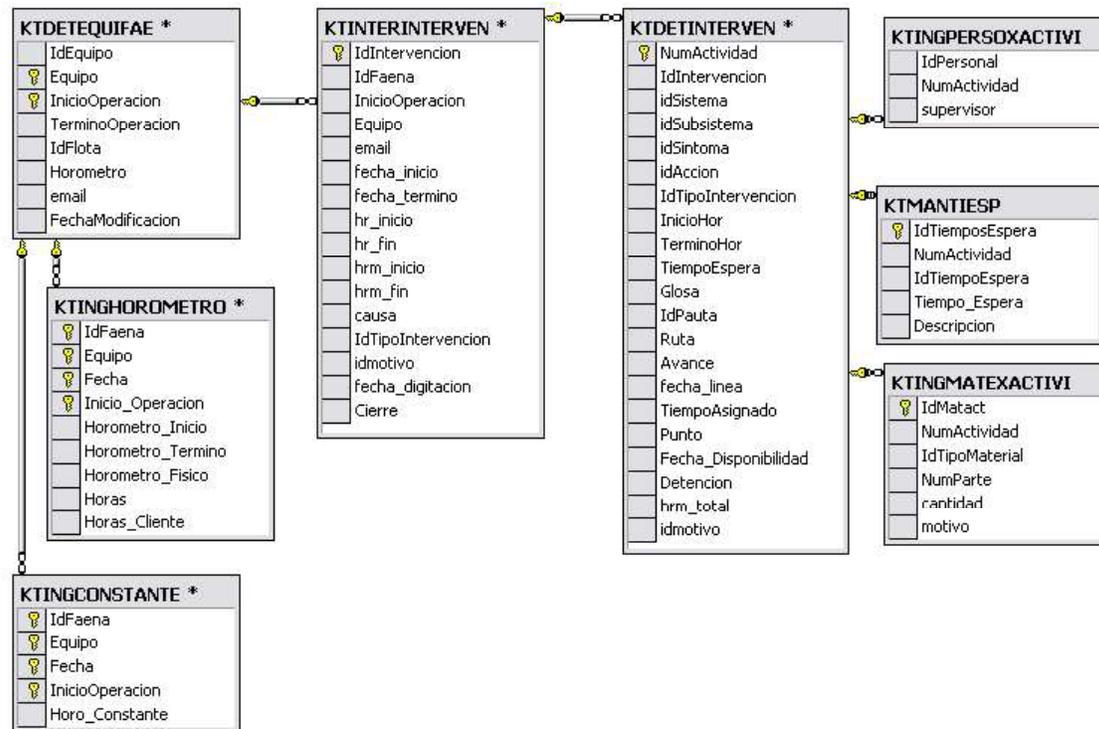


Figura 6: Diagrama de Base de Datos.

A partir del diagrama de base de datos (Figura 6) es posible deducir el diagrama de entidad relación (Figura 7), que permite “visualizar” como entidades, los elementos que pertenecen a la base de datos además de sus vínculos y lo que cada uno de ellos representa.

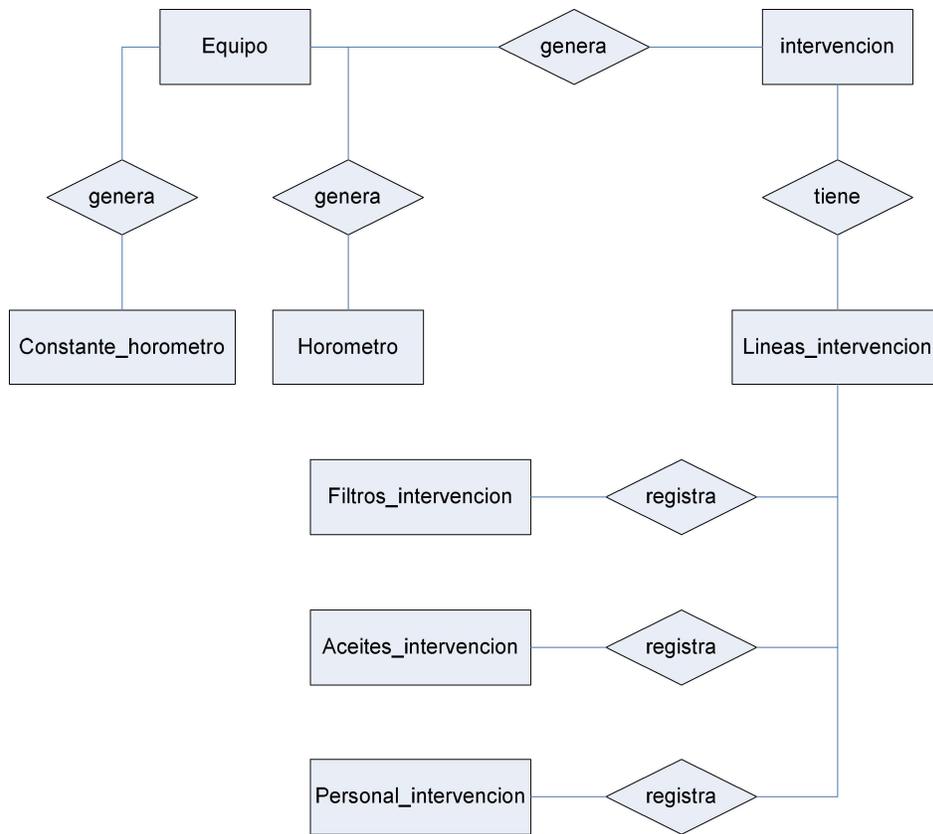


Figura 7: Diagrama Entidad – Relación.

6.3 Diagrama de casos de uso expandidos

Dada la necesidad de profundizar en las funcionalidades de 2 casos de uso, se expanden un nivel quedando de la siguiente manera:

Diagrama Caso de Uso Agregar Intervenciones

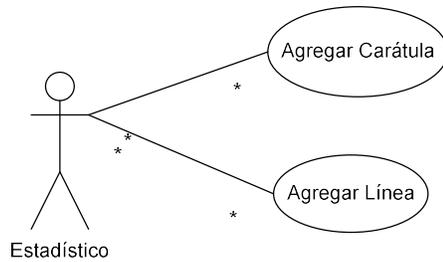


Diagrama Caso de Uso Actualizar Intervenciones

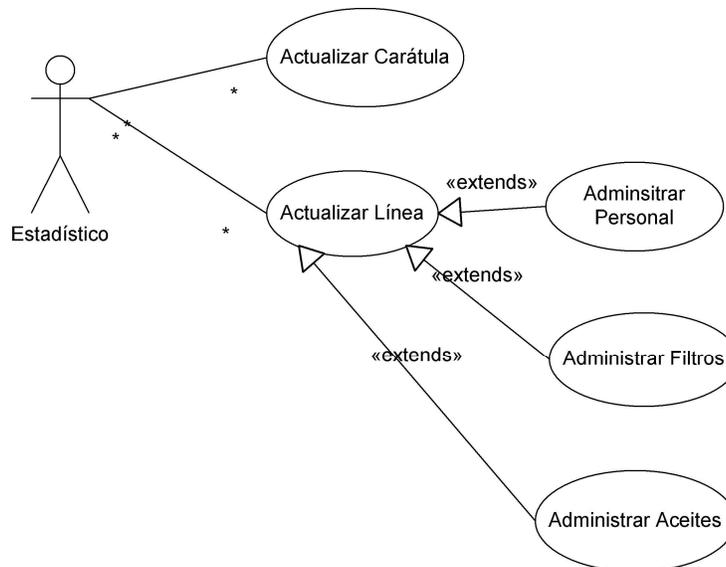


Figura 8: Diagrama de casos de uso expandidos.

6.4 Diagrama de clases conceptual

Este diagrama (Figura 9) muestra los atributos y las asociaciones entre los distintos objetos del modelo. Con este diagrama, mas los diagramas de caso de uso, es posible describir algunos escenarios para aquellos casos de uso que lo requieran.

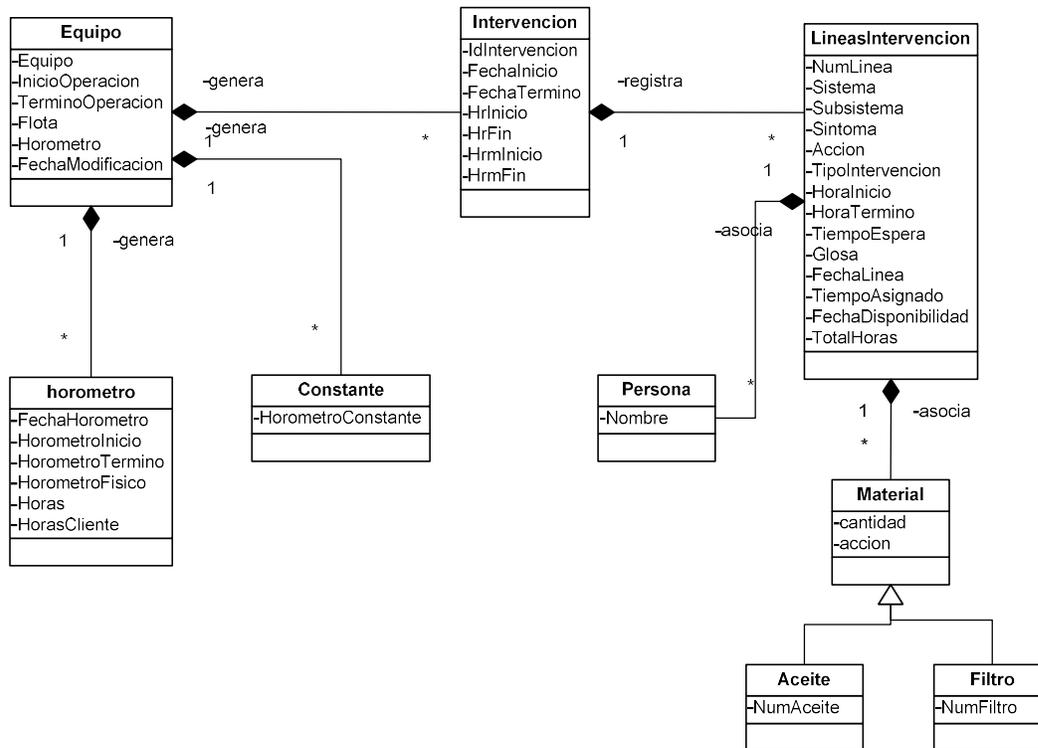


Figura 9: Diagrama de clases conceptual.

6.5 Diagramas de secuencia

A través del diagrama de secuencia se describe el comportamiento dinámico de la aplicación en dos de sus procesos más relevantes.

Diagrama de Secuencia Caso de uso Agregar Carátula

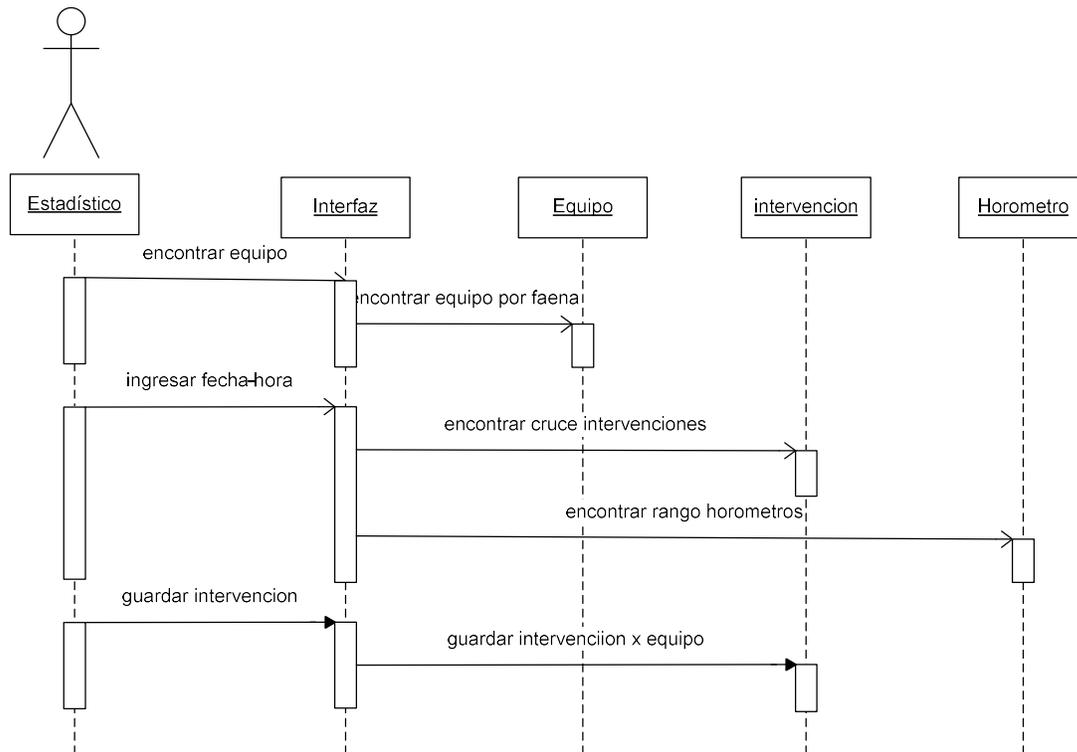


Figura 10: Diagramas de secuencia Agregar Carátula..

Este diagrama, describe el proceso de ingreso de una carátula de intervención, tomando en cuenta las validaciones previas antes de guardar el nuevo registro.

Diagrama de Secuencia Caso de uso Actualizar Línea

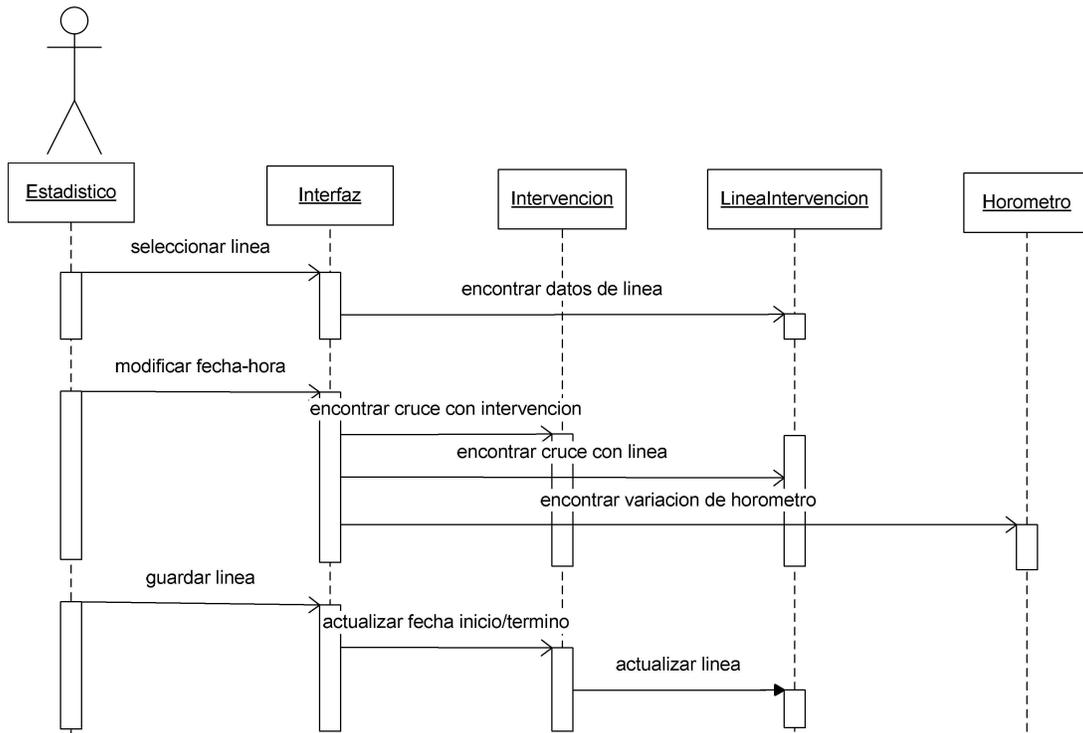


Figura 11: Diagrama de secuencia Actualizar Línea.

Este diagrama, describe el proceso de actualización de una línea de intervención graficando la cronología de las actividades de validación antes de la actualización del registro.

6.6 Diagrama de clases

El diagrama de clases es el artefacto que complementa la relación entre los diagramas presentados ya que en él se ven reflejadas las ejecuciones de las funcionalidades detalladas en los casos de uso y soporta los escenarios presentados en los diagramas de secuencia.

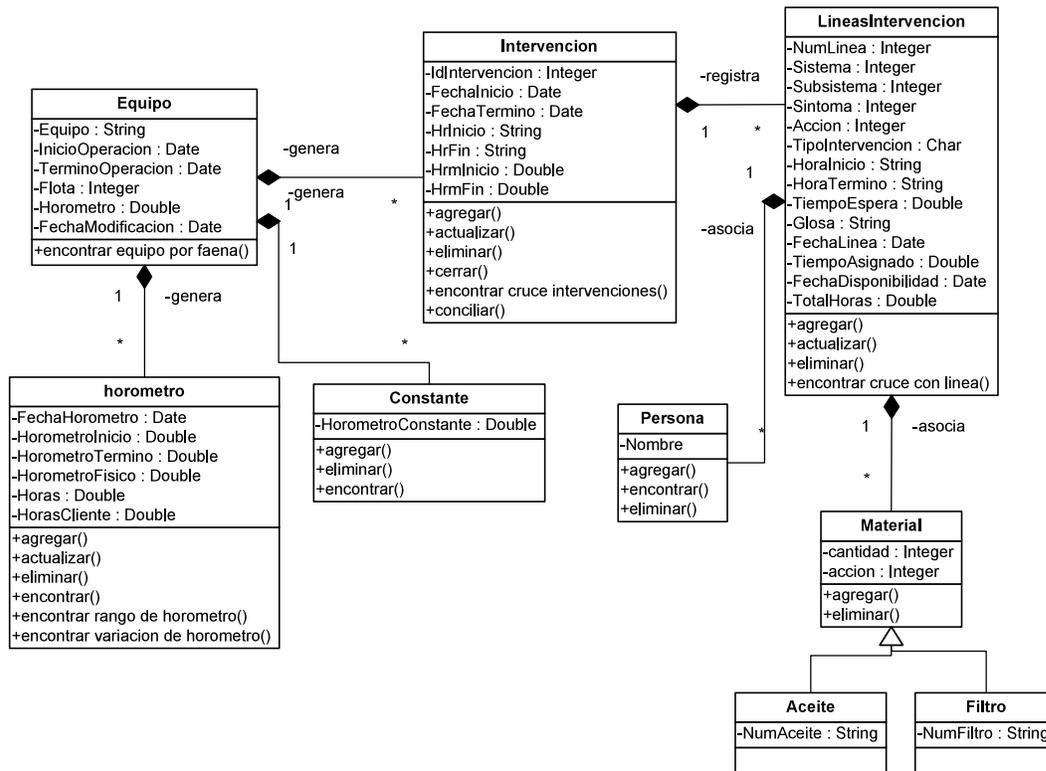


Figura 12: Diagrama de Clases.

7.0 Conclusiones

Si la ingeniería inversa es una alternativa a la hora de encontrar (o mejor dicho, crear) un análisis-diseño perdido, no es una opción válida para generar la documentación de un proyecto, independiente de si el desarrollo terminó ayer o hace dos años. La cantidad de tiempo transcurrido desde el término del desarrollo de la aplicación solo aporta complejidad a la hora de emprender una empresa de este tipo.

A pesar de tener un conocimiento acabado de la aplicación (o al menos eso se pensaba), la apertura de esta “caja negra” puede acarrear grandes sorpresas, como por ejemplo; funcionalidades desconocidas, errores de diseño, procesos mal diseñados, etc.

Sin duda, todo esto a causa de no “invertir” en documentación durante el desarrollo del proyecto, ya que aunque parezca lógico, un tesoro no se busca sin mapas, un edificio no se construye sin haber visto una maqueta y un auto o una maquina no se fabrican sin un plano.

Lamentablemente en desarrollos de software esto es recurrente. Como el producto (un SW) es volátil e intangible, pareciera que la forma en que se le concibe también lo es, sobre todo en empresas que tienen sus propias áreas de desarrollo y que no necesariamente subsisten de la fabricación de aplicaciones informáticas.

La ventaja de utilizar ingeniería inversa para recuperar diseño radica en que, como resultado, se obtienen niveles de abstracción tales que, es posible mirar la aplicación desde afuera y entender su funcionamiento, como se conecta cada concepto y cual es la estructura de datos que lo soporta. Además obliga a mirar el entorno del sistema, lo que es una muy buena posibilidad para revisar el proceso en el cual está inmerso el sistema y corroborar su eficiencia y eficacia. Si bien es cierto es un proceso para examinar, es un buen punto de partida para conocer las debilidades de los procesos en estudio, para luego pensar en una reestructuración o reingeniería si es que es necesario.

Las desventajas de utilizar ingeniería inversa comienzan a surgir cuando el examinador no conoce el funcionamiento de la aplicación, ya que lo obliga a introducirse directamente al código, con la esperanza de que existan bucles o funciones documentadas (el mejor de los casos). El panorama empeora aún mas cuando el examinador no conoce el entorno en el cual funciona la aplicación. En estos casos, la recomendación, es hacer una especie de toma de requerimientos con usuarios que ya utilicen la aplicación para contrarrestarlos con las funcionalidades que muestra el código. Al menos así, el examinador podrá obtener un diagrama de caso de uso primitivo de la aplicación.

Si bien es cierto los objetivos se cumplieron según lo descrito en el plan de trabajo, no es menor hacer mención a que producto de este examen a los procesos de administración de intervenciones y horómetros de RMMP se han detectado oportunidades de mejora en:

- Código: en los casos de uso CU-10 agregar horómetros y CU-09 conciliar intervención se han encontrado consultas SQL aplicadas directamente sobre el código, por lo que se ha recomendado su paso a procedimiento almacenado.
- Procesos: Producto del examen aplicado en este proyecto, los procesos de obtención de información para la administración de intervenciones y horómetros serán diseñados ya que se ha considerado que no son eficientes e inducen a errores que se pueden evitar aplicando mejores prácticas. Es así como, la obtención de horómetros se automatizará completamente aprovechando la actual tecnología de los equipos Komatsu. En el caso de las intervenciones, el nuevo proceso se centrará en el concepto "en el momento" y no en el registro de información atemporal, que es como se hace hasta el día de hoy.

Ahora bien, sin ánimos de subsidiar malas prácticas de análisis y diseño, diagramas de casos de uso, secuencia (o colaboración si es necesario) y diagrama de clase dan un soporte consistente al diseño de una aplicación, por lo que una buena definición de estos artefactos a manera de borrador, permitirán después especificar en detalle y en un elegante informe, el análisis y diseño correspondiente. Lo importante es reflejar el trabajo realizado según la metodología seleccionada para mantener siempre, la disciplina

8.0 Anexo: Casos de Uso Expandidos

Tabla 1: Agregar carátula.

CU- 01	Agregar Carátula	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera ingresar una intervención.	
Precondición	El equipo debe estar vigente al día de ingreso de la carátula de intervención.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El estadístico solicita al sistema el ingreso de una carátula para una intervención de un equipo.
	2	El estadístico selecciona la faena y el equipo.
	3	El estadístico selecciona la fecha y hora de inicio de la intervención.
	4	Según la fecha y hora ingresada el sistema despliega el intervalo de horómetros válidos para el día.
	5	El estadístico crea la carátula de una intervención de un equipo.
	6	El sistema entrega un número de identificación para la intervención.
Postcondición	Intervención abierta para el ingreso del detalle del trabajo realizado en el equipo	
Excepciones	Paso	Acción
	5	Si la fecha y hora es mayor a la fecha actual, el sistema cancela la operación. A continuación este caso de uso termina.
	5	Para el mismo equipo. Si la fecha y hora de inicio intersecta con otra intervención, el sistema cancela la operación.
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	5	1 segundo
Frecuencia esperada	40 vez/día	
Estabilidad	Alta	
Comentarios	Ninguno.	

Tabla 2: Agregar Línea.

CU- 02	Agregar Línea	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera ingresar una línea de una intervención.	
Precondición	Para ingresar una línea debe estar creada la carátula de la intervención.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	Si la línea a ingresar en una intervención es la primera, por defecto, el sistema debe desplegar la fecha y hora de inicio ingresada en la carátula. Si no, el estadístico las ingresará manualmente.
	2	El estadístico ingresa la hora de término de la línea.
	3	El estadístico ingresa el avance de horómetros por prueba para la línea en caso de que hubiese.
	4	El estadístico selecciona el sistema, subsistema, síntoma, acción y tipo de intervención.
	5	El estadístico crea la línea de la intervención.
	6	El sistema entrega un número de identificación para la intervención.
Postcondición	La intervención queda con una línea más creada.	
Excepciones	Paso	Acción
	5	Si la hora de término de la línea supera la hora de término del día disponibilidad, el sistema cancela la operación.
	5	Si para el día disponibilidad de la línea hay horómetros ingresados. Si la duración de la línea + el avance de horómetros por prueba > 24, debe ingresarse la diferencia indicando si esta es responsabilidad del cliente, proveedor o subcontrato. El sistema cancela la operación.
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	5	2 segundo
Frecuencia esperada	80 vez/día	
Estabilidad	Alta	
Comentarios	Una vez ingresada la primera línea, las fechas y horas de la carátula no se podrán modificar directamente en ella, si no que solo a través de las líneas.	

Tabla 3: Actualizar Línea.

CU- 03	Actualizar Línea	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera actualizar una línea de una intervención.	
Precondición	Para actualizar una línea debe existir al menos una, en la intervención seleccionada. Cualquier modificación en una línea debe hacerse sobre una intervención abierta.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El estadístico modifica uno o varios de los siguientes conceptos de una línea: fecha inicio, hora de inicio, hora de término, avance de horómetros por prueba, sistema, subsistema, síntoma, acción y tipo de intervención.
	2	Si se requiere ingresar información de personal asociado a la línea, el estadístico ejecuta CU_04
	3	Si se requiere ingresar información de aceites asociados a la línea, el estadístico ejecuta CU_05
	4	Si se requiere ingresar información de filtros asociados a la línea, el estadístico ejecuta CU_06
	5	El estadístico modifica la línea de la intervención.
	6	El sistema modifica la fecha y hora de inicio de la carátula de la intervención si es que la modificación de la línea mueve estos parámetros.
Postcondición	Línea de intervención actualizada.	
Excepciones	Paso	Acción
	5	Si la hora de término de la línea supera la hora de término del día disponibilidad, el sistema cancela la operación.
	5	Si para el día disponibilidad de la línea hay horómetros ingresados. Si la duración de la línea + el avance de horómetros por prueba > 24, debe ingresarse la diferencia. El sistema cancela la operación.
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	2	2 segundo
Frecuencia esperada	20 vez/día	
Estabilidad	Alta	
Comentarios	En el caso de eliminar una línea, esta no puede tener personal, aceite ni filtros asociados.	

Tabla 4: Administrar Personal.

CU- 04	Administrar Personal	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera agregar o editar el personal de una línea de una intervención.	
Precondición	Para agregar o editar personal, este debe estar previamente asociado a la faena en la cual se desempeña el equipo.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	Para ingresar, el estadístico selecciona un supervisor y varios mecánicos desde la lista de personal para la faena.
	2	Para eliminar, el estadístico selecciona al personal que desea eliminar desde la lista de personal asociada a la línea.
	3	El estadístico guarda los cambios.
Postcondición	Lista de personal asociado a la línea actualizada.	
Excepciones	Paso	Acción
	3	En el ingreso de personal nuevo. Si el estadístico no selecciona el supervisor, el sistema cancela la operación.
	3	En la eliminación de personal. Si el estadístico no selecciona personal para eliminar, el sistema cancela la operación.
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	2	1 segundo
Frecuencia esperada	60 vez/día	
Estabilidad	Media	
Comentarios	Ninguno.	

Tabla 5: Administrar Aceites.

CU- 05	Administrar Aceites	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera agregar o editar los datos de aceites de una línea de una intervención.	
Precondición	Para agregar o editar datos de aceites, estos deben estar previamente configurados sobre el modelo del equipo asociado a la intervención.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	En el caso de ingresar. El estadístico debe seleccionar el sistema de aceites intervenido, el tipo de aceite y la cantidad en litros.
	2	En el caso de eliminar. El estadístico selecciona el registro de aceite asociado a la línea
	3	El estadístico guarda los cambios.
Postcondición	Línea de intervención actualizada.	
Excepciones	Paso	Acción
	3	Si la cantidad de litros de aceite ingresada es mayor a la capacidad real del equipo, el sistema cancela la operación.
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	3	1 segundo
Frecuencia esperada	10 vez/día	
Estabilidad	Media	
Comentarios	Ninguno.	

Tabla 6: Administrar Filtros.

CU- 06	Administrar Filtros	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera agregar o editar los datos de filtros de una línea de una intervención.	
Precondición	Para agregar o editar datos de filtros, estos deben estar previamente configurados sobre el modelo del equipo asociado a la intervención.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	En el caso de ingresar. El estadístico debe seleccionar el sistema de filtros intervenido, el número de parte del filtro y la cantidad en unidades.
	2	En el caso de eliminar. El estadístico selecciona el registro de filtros asociado a la línea.
	3	El estadístico guarda los cambios.
Postcondición	Línea de intervención actualizada.	
Excepciones	Paso	Acción
	3	Si la cantidad de filtros ingresada es mayor a la capacidad real del equipo, el sistema cancela la operación.
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	3	1 segundo
Frecuencia esperada	8 vez/día	
Estabilidad	Media	
Comentarios	Ninguno.	

Tabla 7: Eliminar intervenciones.

CU- 07	Eliminar intervenciones	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera eliminar una intervención.	
Precondición	Para eliminar una intervención, esta debe estar en estado “abierta”.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El estadístico selecciona la intervención.
	2	Si la intervención está cerrada, el sistema le ofrece al estadístico la apertura de esta.
	3	El estadístico selecciona una línea de intervención.
	4	El estadístico elimina el personal asociado a la línea.
	5	El estadístico elimina los aceites asociados a la línea.
	6	El estadístico elimina los filtros asociados a la línea.
	7	El estadístico elimina la línea de la intervención
	8	El estadístico elimina la carátula de la intervención.
9	El sistema conforma la eliminación de la intervención.	
Postcondición	Línea de intervención actualizada.	
Excepciones	Paso	Acción
	7	Si la línea de la intervención aún tiene datos asociados, el sistema cancela la operación.
	8	Si la carátula de intervención aún tiene datos asociados, el sistema cancela la operación.
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	7	1 segundo
	8	1 segundo
Frecuencia esperada	2 vez/día	
Estabilidad	Media	
Comentarios	Si la intervención tiene más de una línea, el proceso se deberá ejecutar por cada una de ellas.	

Tabla 8: Cerrar Inventario.

CU- 08	Cerrar Intervención	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera cerrar una intervención.	
Precondición	La intervención debe tener al menos una línea ingresada.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El estadístico selecciona una intervención.
	2	El estadístico cierra la intervención
	3	El sistema confirma que entre la fecha/hora de inicio de la intervención y la fecha/hora de término de esta, no hay espacios de tiempo sin justificar por líneas de intervención.
	4	El sistema asigna la hora de término a la carátula de la intervención.
	5	El sistema confirma el cierre de la intervención al estadístico.
Postcondición	La intervención queda cerrada.	
Excepciones	Paso	Acción
	2	Si el horómetro de inicio o término de la intervención no corresponde al del intervalo del día (a consecuencia de alguna modificación de horómetros), el sistema cancela la operación.
	3	Si hay tiempos sin justificar en una intervención, el sistema cancela la operación.
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	3	1 segundo
Frecuencia esperada	40 vez/día	
Estabilidad	Media	
Comentarios	Ninguno.	

Tabla 9: Conciliar Intervención.

CU- 09	Conciliar Intervención	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un planificador quiera conciliar una intervención.	
Precondición	La intervención debe tener al menos una línea ingresada.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El planificador selecciona una intervención.
	2	El planificador selecciona una línea
	3	El planificador asigna horas a la línea. La hora ingresada puede ser cero, menor o mayor a la duración real.
	4	El planificador guarda la conciliación.
	5	El sistema confirma la conciliación de las líneas seleccionadas.
Postcondición	La intervención queda cerrada.	
Excepciones	Paso	Acción
	4	Si la suma de los tiempos conciliados de todas las líneas es $>$ a la duración de la intervención, el sistema cancela la operación
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	5	1 segundo
Frecuencia esperada	40 vez/día	
Estabilidad	Media	
Comentarios	No es necesario que en una acción de conciliación en una intervención, se concilien todas las líneas o que se haga por el total de horas de cada una de ellas.	

Tabla 10: Agregar Horómetro.

CU- 10	Agregar Horómetro	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera agregar un horómetro a un equipo.	
Precondición	El ingreso se hace por flota. Cada equipo debe estar operativo a la fecha de ingreso de horómetros.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El estadístico selecciona una faena.
	2	El estadístico selecciona una flota.
	3	El sistema carga en una lista los equipos operativos según la fecha del último horómetro ingresado más, el último horómetro físico ingresado.
	4	El estadístico ingresa el horómetro físico para cada equipo de la flota seleccionada. Adicionalmente puede ingresar horas cliente por equipo y para el mismo día.
	5	El estadístico guarda los horómetros de la flota.
	6	El sistema confirma que los horómetros han sido guardados.
Postcondición	Los horómetros para el día quedan almacenados.	
Excepciones	Paso	Acción
	5	Si el avance de horómetro del día es $>$ a 24, el sistema cancela la operación.
	5	Si el avance de horómetro del día + las horas cliente del día es $>$ a 24, el sistema cancela la operación.
	5	Si el avance de horómetro – las horas clientes $<$ 0, el sistema cancela la operación.
	5	Si para el día ingresado existen intervenciones. Si el avance de horómetros + las horas de reparación para el día disponibilidad es $>$ a 24, el sistema cancela la operación.
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	5	1 segundo
Frecuencia esperada	10 vez/día	
Estabilidad	Alta	
Comentarios	El ingreso de horómetros es por día calendario y día a día. Si alguno de los equipos de la flota presenta problemas en el ingreso de horómetros, se debe cancelar la operación para toda la flota.	

Tabla 11: Modificar Horómetro.

CU- 11	Modificar Horómetro	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera modificar el horómetro de un día de un equipo.	
Precondición	El equipo debe estar operativo y solo se puede modificar un horómetro seleccionando día a día.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El estadístico selecciona una faena.
	2	El estadístico selecciona una fecha.
	3	El sistema muestra los equipos de la faena y los horómetros correspondientes al día seleccionado.
	4	El estadístico selecciona un equipo y modifica el horómetro de término del día. También puede modificar las horas cliente.
	5	El estadístico guarda el horómetro.
	6	El sistema confirma que el horómetro ha sido guardado.
Postcondición	El horómetro seleccionado ha sido modificado.	
Excepciones	Paso	Acción
	5	Si el avance de horómetro del día es $>$ a 24, el sistema cancela la operación.
	5	Si el avance de horómetro del día + las horas cliente del día es $>$ a 24, el sistema cancela la operación.
	5	Si el avance de horómetros – las horas clientes $<$ 0, el sistema cancela la operación.
	5	Si el horómetro ingresado es menor al horómetro del día anterior, el sistema cancela la operación.
	5	Al adicionar horas, si el horómetro ingresado es $>$ al horómetro de término del día siguiente, el sistema cancela la operación.
	5	Al restar horas, si la diferencia entre el horómetro ingresado para un equipo y el horómetro de término del día siguiente es $>$ a 24, el sistema cancela la operación.
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	5	1 segundo
Frecuencia esperada	10 vez/día	
Estabilidad	Alta	
Comentarios	Ninguno	

Tabla 12: Eliminar Horómetro.

CU- 12	Eliminar Horómetro	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera eliminar el horómetro de un equipo.	
Precondición	El horómetro se elimina para un día y para toda una flota.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El estadístico selecciona una faena.
	2	El estadístico selecciona una flota.
	3	El sistema carga en una lista los equipos operativos según la fecha del último horómetro ingresado más, el último horómetro físico ingresado.
	4	El estadístico elimina los horómetros de la flota seleccionada.
	5	El sistema confirma que los horómetros han sido eliminados.
Postcondición	El horómetro del día ha sido eliminado.	
Excepciones	Paso	Acción
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	5	1 segundo
Frecuencia esperada	10 vez/día	
Estabilidad	Alta	
Comentarios	La eliminación de los horómetros diarios es LIFO.	

Tabla 13: Administrar Constante.

CU- 13	Administrar Constante	
Objetivos asociados		
Requisitos asociados		
Descripción	El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando un estadístico quiera administrar una constante.	
Precondición	El ingreso de una constante se hace sobre la última fecha y horómetro ingresado para un equipo. La eliminación de una constante solo se puede hacer si la fecha del último horómetro ingresado, es igual a la fecha del registro de la constante.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El estadístico selecciona una faena.
	2	El estadístico selecciona una flota.
	3	Si es ingreso de constante. El sistema despliega como constante a ingresar el último horómetro registrado para el equipo. La nueva constante será el último horómetro ingresado + la constante anterior.
	4	Si es eliminación de constante. El estadístico selecciona la última constante ingresada. Al eliminar esta constante, la constante válida pasa a ser la anterior
	5	El estadístico guarda los cambios.
	6	El sistema confirma la actualización de las constantes.
Postcondición	El horómetro del día ha sido eliminado.	
Excepciones	Paso	Acción
Rendimiento	Paso	Cota de tiempo
	5	1 segundo
Frecuencia esperada	1 vez/día	
Estabilidad	Alta	
Comentarios	Ninguno.	

9.0 Referencias

- [1] Pressman, Roger S. "Ingeniería de Software, un enfoque práctico", quinta edición, McGraw-Hill editorial, capítulo 30, pag: 546-547
- [2] Chikofsky, E.J.; J.H. Cross II (January 1990). "Reverse Engineering and Design Recovery: A Taxonomy in IEEE Software". IEEE Computer Society: 13–17.
- [3] Booch G., Jacobson I., Rumbaugh J., "UML manual de referencia", Addison Wesley, 2000
- [4] P. Hall, Software Reuse and Reverse Engineering in Practice, London, England: Chapman & Hall, Ltd., 1990
- [5] I.F. Alexander y N. Maiden, Scenarios, Stories, Use Cases, England: John Wiley & Sons, Ltd., 2004.
- [6] Información adicional disponible en <http://www.komatsu.cl/KomatsuChile/default.asp>
- [7] Microsoft SQL Server 2005, información adicional en: <http://www.microsoft.com/spain/sql/productinfo/overview/default.msp>