



Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”

Facultad de Informática

Departamento de Informática

TÍTULO DEL TRABAJO DE DIPLOMA

Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniería en Informática

Autor(es):

Marcos David Marrero Sosa.

Tutor(es):

Dr. Julio Rafael Gómez Sarduy

Lic. Jorge Luis Mazaira Fernandez

Consultante(s):

Lic. Oscar Luis Muñoz.

Cienfuegos, Cuba

Curso 2020 - 2021

Declaración de autoría

Declaro que soy el único autor (Declaramos que somos los únicos autores) del trabajo de diploma titulado “<Título del Trabajo de Diploma>”, y autorizo (autorizamos) al <Nombre del Departamento> de (de la, del) <Nombre de la Entidad> y al Departamento de Informática de la Facultad de Informática en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” para que hagan el uso que estimen pertinente con este trabajo.

Para que así conste firmo (firmamos) la presente a los 12 días del mes de Junio del 2021

Firma	

(Si procede)

Nombre completo del primer autor

Nombre completo del segundo autor

(Si procede)

Nombre completo del primer tutor

Nombre completo del segundo tutor

OPINIÓN DEL USUARIO

El Trabajo de Diploma, titulado <Título>, fue realizado en nuestra entidad <Nombre completo de la entidad que utilizará el sistema>. Se considera que, en correspondencia con los objetivos trazados, el trabajo realizado le satisface:

- Totalmente
- Parcialmente en un ____ %

Los resultados de este Trabajo de Diploma le reportan a esta entidad los beneficios siguientes (cuantificar):

Como resultado de la implantación de este trabajo se reporta un efecto económico que asciende a <valor> MN y/o <valor> CUC. (Este valor debe ser REAL, no indica lo que se reportará, sino lo que reporta a la entidad. Puede desglosarse por conceptos, tales como: cuanto cuesta un software análogo en el mercado internacional, valor de los materiales que se ahorran por la existencia del software, valor anual del (de los) salario(s) equivalente al tiempo que se ahorra por la existencia del software).

Y para que así conste, se firma la presente a los ____ días del mes de _____ del año_____

Nombre del representante de la entidad

Cargo

Firma

Cuño

OPINIÓN DEL TUTOR

Título: <Título del trabajo de diploma>

Autor: <Nombres y apellidos del autor o los autores>

El tutor del presente Trabajo de Diploma considera que durante su ejecución el estudiante mostró las cualidades que a continuación se detallan.

<Aquí el tutor debe expresar cualitativamente su opinión y medir (usando la escala: muy alta, alta, adecuada) entre otras las cualidades siguientes:

- Independencia
- Originalidad
- Creatividad
- Laboriosidad
- Responsabilidad>

<Además, debe evaluar la calidad científico-técnica del trabajo realizado (resultados y documento) y expresar su opinión sobre el valor de los resultados obtenidos (aplicación y beneficios) >

Por todo lo anteriormente expresado considero que el estudiante está apto para ejercer como Ingeniero Informático; y propongo que se le otorgue al Trabajo de Diploma la calificación de <nota 2-Desaprobado, 3-Aprobado, 4-Bien, 5-Excelente>. <Además, si considera que los resultados poseen valor para ser publicados, debe expresarlo también>

(Si procede)

Nombre completo del primer tutor

Nombre completo del segundo tutor

<Grado científico, Categoría docente
y/o investigativa>

<Grado científico, Categoría docente
y/o investigativa>

Fecha: _____

AGRADECIMIENTOS

A mi familia que siempre me apoyó dándome aliento, confianza y cariño en cada meta que tenía que cumplir.

A la universidad “Carlos Rafael Rodríguez”, lugar donde cursé 5 años de que forjaron en mí los conocimientos para la realización de este trabajo de diploma.

Al departamento del “CEEMA” junto al Especialista y al Jefe de Grupo, por recibirme y formar parte imprescindible del proyecto.

A mis profesores por estar al pendiente de mis estudios y a mi tutora y amiga por su gran apoyo.

A mis compañeros de aula y a mis amigos por su amistad incondicional.

DEDICATORIA

A **mi familia** para que vean como sus esfuerzos no fueron en vano y a todos aquellos que de una manera u otra estuvieron involucrado en este proyecto que no fue solo mío, sino que cada uno de ellos puedan ver su parte y sepan que sin ellos no hubiese sido posible culminarlo.

RESUMEN

El presente trabajo “Sistema informático para el cálculo de la eficiencia y otros parámetros operacionales de los motores eléctricos”, se realizó para el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. El CEEMA es uno de los centros de estudio del país que contribuyen al uso adecuado de la energía y desarrollan soluciones a problemas que afectan la economía y el medio ambiente. Para la ejecución de las tareas de cálculo y análisis, los especialistas del Centro dependen de la herramienta MATLAB, software privativo que exige ciertas características de hardware y que no es muy amigable para usuarios inexpertos. El objetivo propuesto fue *elaborar un sistema informático para el cálculo de la eficiencia energética y otras características operacionales de los motores eléctricos*20/12/2022. El resultado alcanzado constituye una herramienta confiable y eficaz, que facilita a los especialistas el estudio de los motores y de factibilidad para su sustitución.

Palabras claves : Auditoria, sistema informatico, motores eléctricos, accionado, eficiencia energética

RESUMEN EN INGLES

The present work "Computer system for the calculation of the efficiency and other operational parameters of electric motors", was carried out for the Center for Energy and Environment Studies (CEEMA), of the University of Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". CEEMA is one of the study centers in the country that contribute to the proper use of energy and develop solutions to problems that affect the economy and the environment. To carry out calculation and analysis tasks, the Center's specialists depend on the MATLAB tool, proprietary software that requires certain hardware characteristics and is not very friendly for inexperienced users. The proposed objective was to develop a computer system for the calculation of energy efficiency and other operational characteristics of electric motors. The result achieved constitutes a reliable

and effective tool, which facilitates the study of motors and feasibility for their replacement by specialists.

Keywords: Audit, computer system, electric motors, driven, energy efficiency

ÍNDICE

Contenido

SITUACIÓN PROBLÉMICA.....	4
INTRODUCCIÓN	7
1.1 OBJETO DE ESTUDIO	8
1.2 SISTEMAS AUTOMATIZADOS EXISTENTES VINCULADOS AL CAMPO DE ACCIÓN	12
AUNQUE ESTE SOFTWARE ES CAPAZ DE SIMULAR UN SISTEMA DE ACCIONAMIENTO Y DETERMINAR EL RENDIMIENTO Y LA EFICIENCIA PARA TODAS LAS CONDICIONES DE CARGA, ASÍ COMO DETERMINAR LA EFICIENCIA GENERAL DEL SISTEMA MOSTRANDO LAS ÁREAS CRÍTICAS Y LA SOBRECARGA, NO SE ADECUA A LAS CONDICIONES DE CUBA DEBIDO A QUE ESTÁ CONCEBIDO PARA EUROPA Y SOLO CONTEMPLA MOTORES DE 50 HZ, ADEMÁS COMO EN EL CASO ANTERIOR, ES MEJOR UTILIZARLO EN LA AUDITORÍA Y NO EN LA EVALUACIÓN PRELIMINAR PARA LA TOMA DE DECISIONES.	15
1.3 FUNDAMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS.....	18
1.4 TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS ACTUALES.....	18
1.5 ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS FUENTES Y BIBLIOGRAFÍAS UTILIZADAS.....	20
1.6 FUNDAMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA.	22
1.6.1 Lenguaje de Modelación Unificado (UML).	22
1.6.2 Metodología ICONIX:	23
1.7 FUNDAMENTACIÓN DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN Y DE OTROS SOFTWARES UTILIZADOS.	23
1.7.1 Java.....	23
1.7.2 Adobe Photoshop.	24
1.7.3 MySql.....	25
1.7.4 Enterprise Architect:	26
CONCLUSIONES	1
INTRODUCCIÓN	2
2.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES.....	2
2.1.1 DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS NO FUNCIONALES	2
2.1.1.1 Apariencia o interfaz externa:	2

2.1.1.2	Requisitos de usabilidad:	2
2.1.1.3	Requisitos de rendimiento:	3
2.1.1.4	Requisitos de soporte:.....	3
2.1.1.5	Requisitos político – culturales:	3
2.1.1.6	Requisitos legales:	3
2.1.1.7	Requisitos de ayuda y documentación en línea:.....	3
2.1.1.8	Requerimientos de software:.....	4
2.1.1.9	Requerimientos de hardware:	4
2.1.2	DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS FUNCIONALES	4
2.2	MODELAMIENTO DEL DOMINIO.....	8
2.2.1	REGLAS DEL NEGOCIO A CONSIDERAR	10
2.3	PAQUETES Y SUS RELACIONES	10
2.4	DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL SISTEMA A AUTOMATIZAR	10
2.4.2	Descripción de caso de Seleccionar datos del estado de carga.	12
2.4.3	Descripción de Caso de Uso Cargar Estimados.	13
2.4.4	Descripción de caso de uso Generalidades de la Empresa.....	14
2.4.5	Descripción de caso de uso Cargar información acerca del uso de la energía.....	15
2.4.6	Descripción de casos de uso Cargar información para estudio de rentabilidad.	15
2.4.7	Descripción de Casos de Uso Especificaciones de la empresa.....	16
2.4.8	Descripción de caso de uso Calcular datos de consumo y potencial.....	17
2.4.9	Descripción de Caso de uso Insertar criterios de selección.	17
2.4.10	Descripción de casos de uso Realizar Calculo de la Eficiencia.....	18
2.4.11	Descripción de Caso de uso Cargar un estudio de motor existente.	19
2.4.12	Descripción del caso de uso Eliminar datos de estudio de motor.	19
2.4.13	Descripción del Caso de uso Guardar un estudio de Motor.	20
2.4.14	Descripción del caso de uso Impriir un estudio de motor.	21

2.4.15 Descripción de caso de uso Calcular factibilidad económica de cambio de motores.	21
2.4.16 Descripción del caso de uso Imprimir Resultados de Factibilidad.....	22
2.4.17 Descripción del Caso de Uso Registrar datos de consulta de estudio de motor	23
2.4.18 Descripción de casos de uso Cargar datos de consulta de estudio de motor.....	25
2.4.19 Descripción de casos Mostarr resumen para la toma de decisiones.	26
2.4.20 Descripción de caso de uso Mostarr Temas de Ayuda.	27
2.4.21 Descripción de caso de uso Mostrar Información del sistema.	27
2.4.22 Descripción del caso de uso de sistema Salir de la aplicación.	28
2.5 DIAGRAMAS DE ACTIVIDADES DEL NEGOCIO:.....	28
2.5.1 Diagrama de actividad Nueva Base de datos de Motores.	29
2.5.2 Diagrama de actividad Generalidades de la empresa.	30
2.5.3 Diagrama de actividad Especificaciones de la empresa.	31
2.5.4 Diagrama de actividad Realizar Cálculo de eficiencia.	32
2.5.5 Diagrama de actividad Cargar Estudio de Motor	33
2.5.6 Diagrama de Actividad Guardar un estudio de Motor.	34
2.5.7 Diagrama de actividad Imprimir un estudio de motor.....	34
2.5.8 Diagrama de actividad Cálculo de Factibilidad.....	35
2.5.9 Diagrama de actividad Imprimir Resultados de Factibilidad.	36
2.5.10 Diagrama de actividad Registrar Datos de Consulta de Estudio de Motor.....	37
2.5.11 Diagrama de Actividad Mostrar Resumen para la toma de desiciones.	38
2.5.12 Diagrama de Actividad Mostrar Temas de Ayuda.	38
2.5.13 Diagrama de actividad Mostrar Información del Sistema.	39
2.5.14 Diagrama de Actividad Salir del Sistema.	39
2.6 ANÁLISIS DE ROBUSTEZ	40
2.6.1 Diagrama de Robustez Cargar datos para nuevo estudio de motores.	41
2.6.2 Diagrama de Robustez Seleccionar datos del estado de carga.	43

2.6.3 Diagrama de Robustez Cargar Estimados.	44
2.6.4 Diagrama de Robustez Generalidades de la Empresa.	45
2.6.5 Diagrama de Robustez Seleccionar datos del estado de carga.	46
2.6.6 Diagrama de Robustez Cargar Información para estudio de Rentabilidad.	47
2.6.7 Diagrama de Robustez Especificaciones de la Empresa.	47
2.6.8 Diagrama de Robustez Calcular datos de consumo y potencial.	49
2.6.9 Diagrama de Robustez Insertar Criterios de Selección.	50
2.6.10 Diagrama de Robustez Realizar Cálculo de la eficiencia.	50
2.6.11 Diagrama de Robustez Cargar un estudio de motor existente.	51
2.6.12 Diagrama de Robustez Guardar un estudio de Motor.	52
2.6.13 Diagrama de Robustez Imprimir un estudio de Motor.	53
2.6.14 Diagrama de Robustez Calcular factibilidad Económica del cambio de motor.	54
2.6.15 Diagrama de Robustez Imprimir Resultados de Factibilidad.	56
2.6.16 Diagrama de Robustez Registrar datos de consulta de estudio de motor existente.	58
2.6.17 Diagrama de robustez Cargar datos de consulta de estudio de motor guardado.	60
2.6.18 Diagrama de Robustez Mostrar Resumen para la toma de desiciones.	60
2.6.19 Diagrama de Robustez Mostrar Temas de Ayuda.	61
2.6.20 Diagrama de Robustez Mostrar Información del sistema.	62
2.6.21 Diagrama de Robustez salir de la aplicación.	63
2.7 DIAGRAMA DE SECUENCIA:	64
2.7.1 Diagrama de Secuencia CU01	65
2.7.2 Diagrama de Secuencia Generalidades.	66
2.7.3 Diagrama de Secuencia Especificaciones.....	67
2.7.4 Diagrama de Secuencia Realizar Cálculo de la eficiencia.	68
2.7.5 Diagrama de Secuencia Cargar un estudio de Motor Existente.....	69
2.7.6 Diagrama de Secuencia Guardar un estudio de Motor.....	70

2.7.7 Diagrama de Secuencia Imprimir Estudio de Motor.....	71
2.7.8 Diagrama de Secuencia Calcular la Factibilidad económica de cambio de motor.....	72
2.7.9 Diagrama de Secuencia Imprimir Resultados de Impresión.....	73
2.7.10 Diagrama de Secuencia Registrar datos de consulta de estudio de motor existente.....	74
2.7.11 Diagrama de Secuencia Mostrar resumen para la toma de decisiones.....	75
2.7.12 Diagrama de secuencia Mostrar Temas de Ayuda.....	76
2.7.13 Diagrama de Secuencia Mostrar Información del Sistema.....	76
2.7.14 Diagrama de Secuencia Salir de la aplicación.....	77
2.8 CONSTRUCCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	78
2.8.1 Diagrama de clases del diseño.....	78
2.8.1 Modelo lógico de datos.....	79
2.8.2 Modelo físico de datos.....	79
CONCLUSIONES.....	79
3.1 INTRODUCCIÓN.....	81
3.2 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.....	81
3.2.2 Diagrama de clases persistentes.....	81
3.2.3 Estructura de los ficheros.....	82
3.2.4 Diagrama de implementación.....	83
3.3 PRINCIPIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA.....	83
3.3.1 Diseño de la interfaz del sistema.....	84
3.3.2 Tratamiento de errores.....	84
3.4 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	84
3.4.1 Cálculo de Puntos de Casos de Uso sin ajustar.....	85
3.4.2 Cálculo de Puntos de Casos de Uso ajustados.....	87
3.4.3 Cálculo del Esfuerzo.....	90
3.5 DIAGRAMA DE DESPLIEGUE.....	92

3.6 BENEFICIOS TANGIBLES E INTANGIBLES	92
3.6.1ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS	93
CONCLUSIONES	95
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	98
GLOSARIO DE TÉRMINOS	I
ANEXO 1:	I
ANEXO 2:	II
ANEXO 3:	II
ANEXO 4:	III
ANEXO 5:	IV
ANEXO 6:	V
ANEXO 7:	V
ANEXO 9	VI
ANEXO 2	VII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4. Descripción del caso de uso <Nombre del caso de uso 1>**Error! Marcador no definido.**

Tabla 3. Definición de actores del sistema a automatizar.....**Error! Marcador no definido.**

Tabla 4. Descripción del caso de uso <Nombre del caso de uso 1>**Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. Diagrama del caso de uso <Nombre del caso de uso 1> o diagrama de los casos de uso del paquete <Nombre del paquete 1>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4. Diagrama de clases del paquete <Nombre del paquete 1> o caso de uso <Nombre del caso de uso 1>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5. Diagrama de despliegue	92

INTRODUCCION

Actualmente, es fundamental para la humanidad resolver los problemas asociados al uso desmedido de los recursos energéticos, no solo por las implicaciones económicas sino por la presión medioambiental debido a que la emisión de gases contaminantes está mayormente asociada a la generación de electricidad con combustibles fósiles.

Una manera de reducir el consumo es gestionando adecuadamente la energía como un activo más. El ahorro de energía tiene como efecto principal posponer el agotamiento de los recursos fósiles, de los cuales depende mayoritariamente el suministro energético de la humanidad y además, se revela como una de las mejores alternativas para reducir las emisiones de CO₂.

En nuestro país, como en el resto del planeta, el ahorro energético es imprescindible para la economía y el medioambiente. Actualmente, debido a los precios crecientes y a la exigencia del ahorro de energía como vía hacia el desarrollo sustentable, el valor de la eficiencia juega un papel fundamental. En Cuba cobra mayor significado por lo limitado de sus recursos energéticos, la situación actual del sistema electroenergético, especialmente el déficit de generación, y las transformaciones que se llevan a cabo en este importante sector.

En la industria, el mayor consumo de electricidad lo representan los sistemas accionados por motores eléctricos, ya que estos forman parte del accionamiento de los más diversos equipos y maquinaria industrial. También son ampliamente usados en el sector comercial y residencial.

El uso de los motores eléctricos se ha generalizado a todos los campos de la actividad humana desde que sustituyeran en la mayoría de sus aplicaciones a las máquinas de vapor. Precisamente por el empleo tan extendido de los mismos, su consumo de energía representa una fracción importante de la energía eléctrica consumida por el sector industrial. Estudios realizados reportan como estimado que entre un 80 y un 90 % del total de energía eléctrica consumida por las industrias se emplea para accionar motores eléctricos (Verucchi, Ruschetti, & Kazlauskas, 2013).[1]

Estos porcentajes varían de un país a otro, por ejemplo, Saidur (2010)[2] plantea que en los casos de Estados Unidos, China y Canadá los porcentajes de energía eléctrica consumida

por motores eléctricos en la industria alcanzan el 75, 60 y 80 % respectivamente (Saidur, 2010)[2].

Otros trabajos aseguran que el 70 % de toda la electricidad generada en el mundo es convertida en trabajo por medio de motores eléctricos (Li & Curiac, 2010)[3]. En Latinoamérica estos porcentajes son menores debido a que el nivel de industrialización es menor. En países como Brasil y Argentina estos porcentajes alcanzan el 50 y 47.5% respectivamente (Verucchi, Ruschetti, & Kazlauskas, 2013)[4], (CMMESA, 2011)[5]. Otros reportes dan cuenta de que para el 2030, de no tomar medidas de eficiencia energética efectivas, el consumo de energía de los motores eléctricos se espera que se incremente a 13360 TWh/año y las emisiones a 8570Mt/año (Waide & Brunner, 2011)[5].

Como se puede comprender por lo expresado hasta aquí, los motores eléctricos son responsables de una gran parte del consumo de energía a nivel global y por esta razón, es una necesidad imperiosa prestar atención a su eficiencia.

Las auditorías energéticas son un instrumento importante para el incremento de la eficiencia de los sistemas accionados por motores eléctricos. Una auditoría energética es un análisis sistemático del consumo de energía dentro de un sistema definido a fin de evaluar oportunidades de mejora de su desempeño energético. Debido a esto, una auditoría energética es un instrumento efectivo para detectar potenciales de optimización de los sistemas accionados por motores eléctricos existentes en servicio. Una auditoría debe exponer cuales son los equipos sobredimensionados, obsoletos, ineficientes, equipos sin un adecuado control o que están operando con estrategias erradas de control, pérdidas y aplicaciones o usos finales de la energía inapropiados. Además, revela si se puede reducir el tiempo de trabajo del equipo o desconectarlo cuando no se requiere, lo que produce significativos ahorros de energía. A nivel global se han propuesto diferentes normas y guías para la realización de auditorías enfocadas en sistemas específicos. Sin embargo, en Cuba aún no se dispone de una guía que pueda ser usada como una orientación general para ingenieros y empresas que deseen iniciar el camino de la eficiencia energética o para quienes desempeñen el rol de consultores externos en Eficiencia Energética y que necesiten evaluar los sistemas accionados por motores eléctricos.

La Oficina Nacional de Uso racional de la Energía (ONURE), en Cuba, es la entidad encargada de realizar este tipo de auditorías, pero no cuenta con herramientas adecuadas

a la realidad de la industria cubana. Tampoco existe una norma específica para evaluar los sistemas accionados por motores eléctricos, por lo tanto, los resultados de las auditorías energéticas a estos sistemas pueden quedar en un nivel relativamente básico y no reflejar todas las ineficiencias existentes. Por otro lado, evaluar un sistema energético puede llegar incluso a requerir el uso de diferentes herramientas de ingeniería, economía y dedicar mucho tiempo para arribar a resultados válidos.

En el marco del Programa de Apoyo a la Política de la Energía en Cuba, la ONURE junto a la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), desarrollan el proyecto Eficiencia y Conservación de la Energía en Cuba, del cual el CEEMA constituye la contraparte técnica y ha sido encargado de elaborar la guía para la auditoría energética de los sistemas accionados por motores eléctricos.

La propuesta de guía elaborada por el CEEMA requiere de una evaluación preliminar para decidir si es factible o no continuar con la auditoría en toda su extensión y para ello propone realizar evaluaciones preliminares de todos los motores que forman parte del inventario de la empresa a auditar. Es imprescindible para el personal que realiza esta tarea disponer de una herramienta que les facilite el trabajo con la información, cálculo, estimaciones y reprotes relacionados con este tema. Poner a su disposición una herramienta informática con la que puedan llevar a cabo las tareas pertinentes de manera rápida y confiable, significa un paso de avance en el desarrollo de este tipo de revisión energética con una importancia trascendental, debido a la prioridad que tiene para el país el ahorro energético.

Toda esta situación que se ha descrito permite identificar la situación problemática siguiente:

Situación problemática.

El CEEMA ha desarrollado una guía para la auditoría energética de sistemas accionados por motores eléctricos y la utilización de la misma requiere automatizar el análisis preliminar para la toma de decisiones en cuanto a la continuidad del proceso de auditoría de acuerdo con la norma internacional ISO 50002:2014 (ISO, 2014)[6]. La existencia de herramientas de apoyo para los cálculos de la eficiencia operacional de los motores y los ahorros energéticos y económicos estimados durante la vida útil de los motores, así como las propuestas de sustitución por otros de mayor eficiencia están implementadas en diversos formatos y de manera dispersa dificultando el proceso.

Objeto de estudio y campo de acción.

El objeto de estudio del presente trabajo es la metodología, desarrollada por el CEEMA, para la realización de la evaluación preliminar en una auditoría energética a los sistemas accionados por motores eléctricos.

El campo de acción son los procedimientos para el cálculo de la cargabilidad y la eficiencia energética de los motores eléctricos asíncronos, así como los potenciales de ahorro energético y económico asociados a propuestas de sustitución de motores por otros de mayor eficiencia.

Problema a resolver.

Carencia de una herramienta informática para automatizar el análisis preliminar durante el proceso de auditoría energética de motores eléctricos de acuerdo con la norma ISO 50002[6].

Objetivo general.

Como objetivo general se puede definir: Elaborar un sistema informático para automatizar el análisis preliminar durante el proceso de auditoría energética de motores eléctricos de acuerdo con la norma ISO 50002[6].

Objetivos específicos.

Los objetivos específicos para cumplimentar lo anteriormente planteado son:

- Análisis de las metodologías de cálculo a utilizar en el proceso de auditoría de motores eléctricos.
- Diseño del sistema para automatizar el análisis preliminar durante la auditoría de acuerdo a la metodología seleccionada.
- Estudiar la factibilidad del sistema.
- Implementación del sistema propuesto.

Tareas de la investigación.

Para cumplir los objetivos propuestos se definen las siguientes tareas a acometer:

- Estudio del estado del arte sobre las auditorías energéticas a sistemas accionados por motores eléctricos.

- Análisis de los sistemas existentes que realizan tareas similares.
- Análisis del proceso de recopilación de datos de los motores asíncronos.
- Selección de las tecnologías, metodologías y herramientas a utilizarse en el desarrollo de la solución.
- Determinación de los requisitos funcionales y no funcionales del sistema.
- Definición del modelo del sistema empleando los artefactos de la metodología seleccionada.
- Definición del modelo de implementación empleando la metodología seleccionada.
- Documentación de la solución propuesta.

Idea a defender.

La creación de una herramienta informática que integre todas las funcionalidades para automatizar el estudio preliminar de las oportunidades de ahorro en sistemas accionados por motores eléctricos, facilitará el proceso de análisis y la toma de decisiones durante la realización de una auditoría energética.

Aporte práctico.

El sistema informático, para automatizar el estudio preliminar de las oportunidades de ahorro en sistemas accionados por motores eléctricos, permite integrar el funcionamiento aislado de diferentes tareas que tributan a un mismo proceso en un software.

Su utilidad es básicamente que, brinda al especialista las herramientas necesarias para el proceso de análisis y la toma de decisiones para continuar o no con una auditoría energética, a partir de la información sobre los motores eléctricos existentes en una facilidad industrial o de servicios y de las mediciones realizadas. Este software permite realizar estimados de la eficiencia operacional de los motores y proponer motores de mayor eficiencia calculando las potencialidades de ahorro energético y económico y brindando un reporte de los resultados.

Estructura del documento.

Capítulo 1. “Fundamentación teórica de un análisis preliminar de las oportunidades de ahorro en sistemas accionados por motores eléctricos”: El contenido de este

capítulo es la base de la fundamentación teórica del tema que se va a desarrollar. Se expone una descripción de los conceptos relacionados con la auditoría energética en los motores eléctricos, se describe la situación problemática y se enuncia el problema a resolver. Se describe el objeto de estudio y el campo de acción.

Capítulo 2. “Descripción de la Solución Propuesta a través del modelo ICONIX”: En este capítulo se modela y describe la solución propuesta mediante el uso de UML como lenguaje de modelado y ICONIX como metodología. Se presenta una descripción del modelo de objeto del dominio, así como el enunciado y descripción de sus reglas. Utilizando el Modelo del Sistema, se identifican los requerimientos funcionales y no funcionales, se definen a los actores del sistema y a los servicios o funcionalidades que a su disposición se colocan. También se muestra el diagrama de casos de uso del sistema, así como la descripción de los mismos.

Capítulo 3: “Construcción de la Solución propuesta para el estudio preliminar”: El contenido de este capítulo muestra una descripción de la construcción de la solución propuesta, en la que se han utilizado el Diagrama de Clases del Diseño y el Diagrama de Clases Persistentes, artefactos que propone la Metodología de ICONIX. También se describe la estructura de los ficheros utilizados, se muestra el diagrama de implementación y los principios del diseño del sistema. Se realiza un análisis de factibilidad del proyecto, utilizando la estimación del esfuerzo basada en el Análisis de Puntos de Casos de Uso y se exponen los resultados alcanzados.

CAPITULO I – Fundamentación Teórica

Introducción

Como se declaró anteriormente, el objeto de estudio del presente trabajo es la metodología para la realización de la evaluación preliminar en una auditoría energética a los sistemas accionados por motores eléctricos desarrollada por el CEEMA. La metodología propuesta por el CEEMA para la realización de la auditoría se muestra en el

diagrama explicativo de la figura 1. Esta metodología comprende nueve pasos acorde a las recomendaciones de la ISO 50002[6].

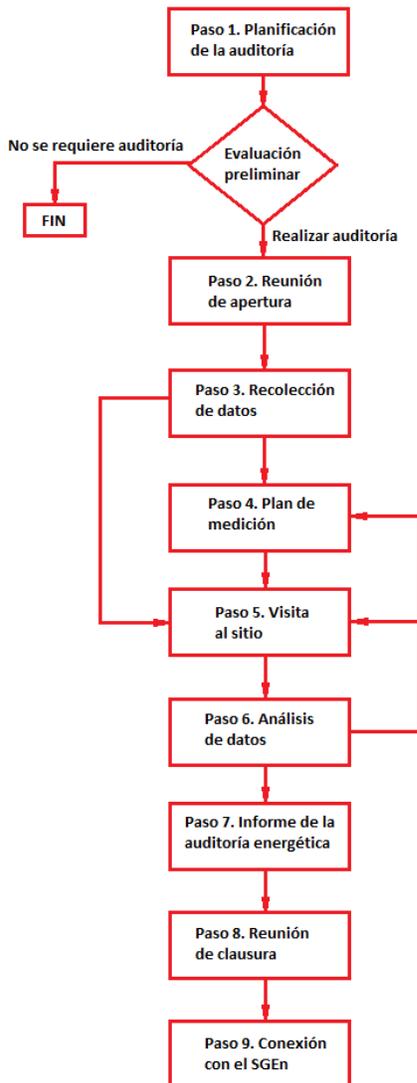


Figura 1. Diagrama de la metodología para auditoría energética.

En la figura 1 puede apreciarse que el proceso comienza con la planificación de la auditoría, que comprende una evaluación preliminar donde los auditores junto con el personal de la empresa toman la decisión de continuar o no con la auditoría y que es precisamente lo que se requiere automatizar para facilitar el trabajo. A continuación se explica más detalladamente el objeto de estudio.

1.1 Objeto de estudio

La fase de adquisición o inicio generalmente no se considera en las normas de auditoría energética, ya que es la fase anterior a la auditoría energética real, pero es muy relevante para definir el alcance de la auditoría como punto de partida. Durante la fase de adquisición, es necesario construir un argumento fuerte para que la alta gerencia respalde la auditoría energética y construir un compromiso para invertir en medidas viables de ahorro de energía.

Para esto, es útil hacer una evaluación preliminar de la empresa, investigar sus objetivos estratégicos y verificar cómo la eficiencia de los sistemas accionados por motores puede contribuir a eso. Esta información ayudará a los auditores de energía para la planificación de la auditoría energética y también durante la reunión de apertura.

Una de las principales razones para una auditoría energética pueden ser los ahorros de energía esperados.

El primer paso de una auditoría energética es la planificación. La planificación de la auditoría se puede realizar en el sitio, pero no es obligatorio. En el caso de que se dificulte la reunión por razones de tiempo o distancia, el auditor o la empresa pueden preferir el teléfono o la correspondencia por correo electrónico a una reunión personal para planificar la auditoría.

En esta fase, se espera que el auditor de energía y la empresa auditada definan el alcance de la auditoría energética e identifiquen las necesidades y expectativas para lograr los objetivos de la auditoría. Los resultados de esta primera planificación deberían estar por escrito tanto para que sirva como una propuesta del auditor e internamente para obtener la aprobación de los próximos pasos.

Uno de los temas más importantes será la definición de recursos, es decir, tiempo disponible para el auditor para la finalización de la auditoría. Esta vez está influenciada por los temas particulares discutidos en este epígrafe. Aproximadamente el tiempo puede variar desde un día para pequeñas empresas a una semana in situ para grandes empresas, más un tiempo para el análisis, visitas adicionales para aclarar problemas específicos y presentación de informes. Este tiempo depende, por ejemplo, de la información disponible y las expectativas que se tengan.

Los temas que se planificarán y recopilarán en esta etapa son:

- el período de tiempo necesario para completar la auditoría energética,

- recursos necesarios y disponibles de la organización (por ejemplo, tiempo y dinero asignados a la auditoría energética),
- datos disponibles de la organización (por ejemplo, dibujos, consumos históricos de energía, mediciones),
- copias y un resumen de medidas de eficiencia completadas de estudios previos de eficiencia energética,
- el representante de la organización responsable del proceso de auditoría energética.

Además, un auditor de energía puede solicitar información para establecer el contexto de la auditoría energética, por ejemplo, los requisitos legales; planes para futuras expansiones; actualizaciones de equipos o modernizaciones que pueden afectar el desempeño energético de la organización.

Para el caso específico de motores eléctricos, los auditores deben realizar una serie de preguntas que le permitan comprender las prácticas en la planta, por ejemplo:

¿Mantiene la instalación una base de datos digital de los motores en servicio y los de repuesto? Si es así, solicite una copia.

¿Sigue la instalación una normativa de mantenimiento con enfoque preventivo o predictivo?

¿Todos los motores nuevos o de repuesto son comprados al mismo fabricante?

¿Ha creado la instalación una política de reparación / reemplazo para motores en el momento en que fallen?

¿Se reparan los motores averiados en el sitio o se envían a un taller de reparaciones? Si se envían a un taller, ¿se conoce que en este taller se siguen buenas prácticas de reparaciones?

¿Se han desarrollado nuevas especificaciones para el equipamiento por el personal técnico de la empresa?

¿Cuál es la tarifa que aplica la empresa eléctrica? ¿Existen términos de potencia y energía en el contrato?

¿Existe en la instalación una planta cogeneradora?

La fase de planificación de la auditoría energética se puede estructurar en dos diferentes partes, la recopilación de la información general y la evaluación preliminar (ver figura 2):



Figura 2. Partes componentes del paso de la planificación de la auditoría energética.

1.1.1 Recopilación de la información general sobre la empresa

En primer lugar, se deben recopilar datos generales de la empresa. La información más importante sobre la empresa a auditar es: dirección de la empresa, sector, número de empleados, finalidad para la que se utilizan los motores, horarios de funcionamiento, nombre y cargo de la persona de contacto. Esta información general de la empresa debe ser incluida en el sistema informático que se propone y mostrarse en todos los reportes que se soliciten.

1.1.2 Evaluación preliminar

Encontrar el potencial de ahorro de energía será el problema principal y que será automatizado como propuesta de este trabajo de diploma. Este potencial de ahorro debe estimarse de manera aproximada basado en la cantidad de energía eléctrica consumida en la empresa, el precio de la electricidad y los costos totales de electricidad en que incurre la empresa. La parte de la energía eléctrica que es utilizada por los motores eléctricos puede dar una estimación de cuánto cuesta la operación de los motores eléctricos en esta empresa. Se estima que aproximadamente el 70% de la electricidad consumida en las industrias es utilizada en los sistemas accionados por motores eléctricos, aunque este porcentaje varía entre países dependiendo del nivel de industrialización (Saidur, 2010)[2], (Fong, Ferreira, Silva, & De Almeida, 2020)[7]. Es decir, como un primer indicador de la evaluación preliminar para definir si se requiere una auditoría en los motores eléctricos está definir qué parte en la estructura de consumo representan los motores eléctricos de la instalación.

El segundo indicador es el número de motores y su edad. Esto puede responderse con preguntas tales como: ¿Cuándo fue construida la planta o partes específicas de ella?, ¿Se realizó una renovación de la maquinaria eléctrica? ¿Cuándo? Otras fuentes pueden ser el análisis de los números de identificación (ID) de los motores. Algunas plantas asignan estos números cronológicamente. Otras plantas mantienen el número de identificación de un motor averiado en el nuevo motor que lo reemplaza, lo que hace que la caracterización de la población motora sea más difícil. Basado sobre esta información, es posible estimar aproximadamente el potencial de ahorro.

Por tanto, el proceso de automatización requiere la introducción de los datos generales de la empresa, la información de placa y mediciones de todos los motores existentes en la instalación, el tipo de carga que acciona (bomba, ventilador, compresor, etc) y la edad del motor y las horas de operación anuales. Con esta información se calcula la carga y se estima la eficiencia operacional con que está operando el motor. El sistema informático debe identificar la clase de eficiencia del motor en operación y proponer un motor de igual capacidad pero clase de eficiencia superior. Con esta propuesta se estiman los potenciales de ahorro energético y económico para cada propuesta.

El usuario debe introducir los indicadores que constituyen criterios de selección y el sistema asignará a cada motor los criterios de selección que cumpla. Estos criterios son:

- (1) Tasa de realización del máximo potencial de ahorro en %
- (2) Envejecimiento, mayor de x años
- (3) Tiempo de operación anual, mayor de x horas
- (4) Tamaño del motor, mayor de x kW
- (5) Motores rebobinados, más de x rebobinados
- (6) El motor dispone de convertidor de frecuencia
- (7) Aplicación

El usuario debe escoger el número de criterios a tener en cuenta para seleccionar el motor que constituye una oportunidad de ahorro a analizar. El sistema informático selecciona los motores que cumplan con el número de criterios especificado y con ellos calcula el potencial global de ahorro de energía y dinero. A partir de los resultados de los cálculos se elabora un reporte que el usuario puede exportar o imprimir de acuerdo a su interés.

1.2 Sistemas automatizados existentes vinculados al campo de acción

A nivel internacional existen diferentes sistemas informáticos dedicados al análisis de la eficiencia operacional de motores eléctricos y al cálculo de las oportunidades de ahorro en estos equipos que pueden ser empleados en las auditorías energéticas. Por ejemplo, uno de los más conocidos es el software MotorMaster+ que es notable por su flexibilidad, baja invasividad y fácil uso. Este software se ofrece por Industrial Technologies Program (ITP) del Departamento de Energía de los EEUU (DOE por sus siglas en inglés) para evaluar las oportunidades de eficiencia energética en un sistema accionado por motores eléctricos. La versión actual del software contiene las bases de datos del fabricante para más de 25 000 motores. El propósito de este software es determinar los ahorros de energía y costos para las decisiones de selección de motores, para lo cual tiene que considerar la estimación de la eficiencia del motor en su punto de carga. Para ello se parte de los datos de placa y datos de operación para estimar el estado de carga y la eficiencia. Incluye cuatro técnicas para la estimación de la carga, y selecciona la más adecuada en función de los datos de entrada. Una imagen de la ventana inicial se muestra en la figura 3. Con el MotorMaster+ se estima la carga del motor y con el factor de carga estimado se accede a la base de datos interna y por interpolación lineal se estima la eficiencia para ese estado de carga. Este software contiene factores para corregir las desviaciones de la tensión y otras condiciones de operación que se aparten de las de diseño.

Aunque este software es una herramienta pública y completa para este tipo de análisis, es más adecuada para su utilización en la auditoría propiamente dicha, es decir después que se ha decidido continuar el proceso y se recomienda utilizarla en el paso 6 (ver figura 3), en lugar de hacerlo durante la evaluación preliminar.

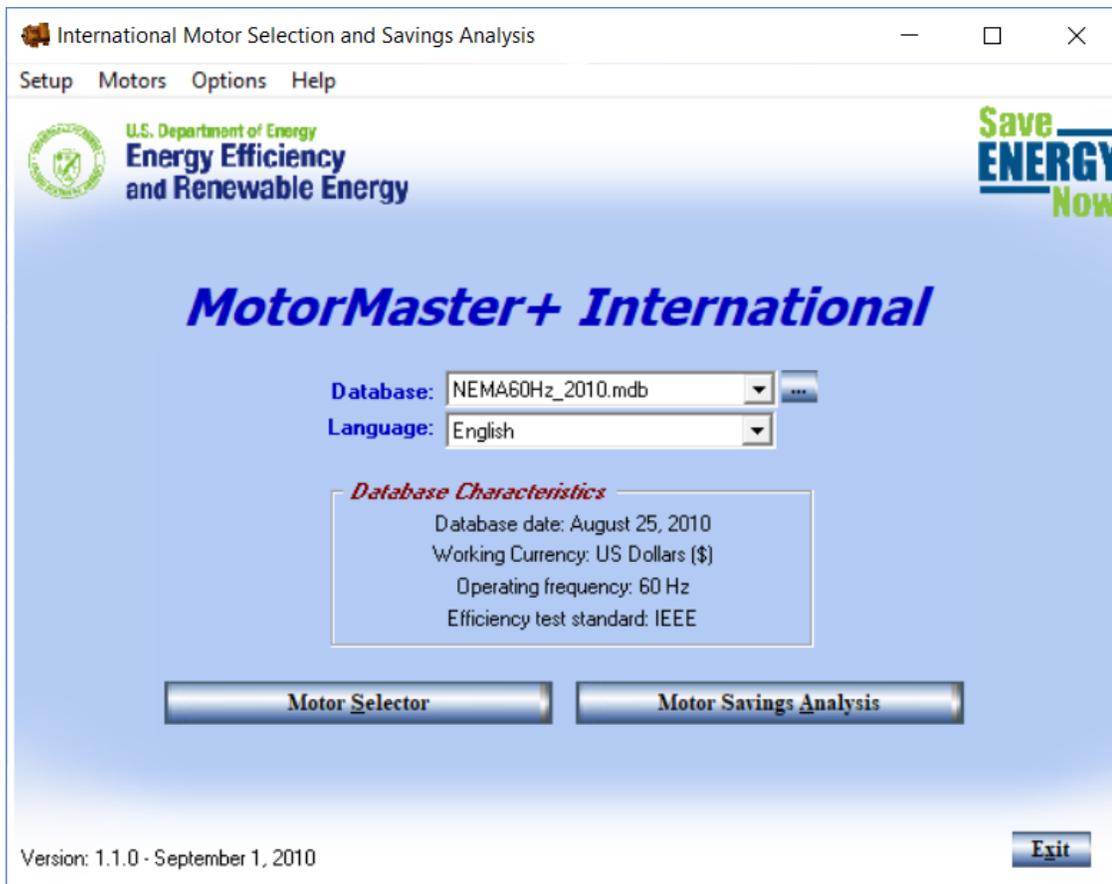


Figura 3. Ventana de menú principal del Software MotorMaster+ International.

Fuente: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/04/f15/motormaster_international_fs.pdf

Otra herramienta pública es el Motor System Tool, que es una calculadora independiente para los sistemas completos accionados por motores eléctricos. Este software es resultado del programa Energy Efficient End-Use Equipment (4E), de la Agencia Internacional de Energía. En el mismo se utilizan modelos de componentes estandarizados para calcular la eficiencia en cualquier punto de operación de un sistema de motor completo y permite la optimización del sistema analizado. Parte de la información del punto de régimen para calcular las eficiencias a cargas parciales de todo el sistema. En la Figura 4 se muestra una ventana de esta herramienta.

Aunque este software es capaz de simular un sistema de accionamiento y determinar el rendimiento y la eficiencia para todas las condiciones de carga, así como determinar la eficiencia general del sistema mostrando las áreas críticas y la sobrecarga, no se adecúa a las condiciones de Cuba debido a que está concebido para Europa y solo contempla motores de 50 Hz, además como en el caso anterior, es mejor utilizarlo en la auditoría y no en la evaluación preliminar para la toma de decisiones.

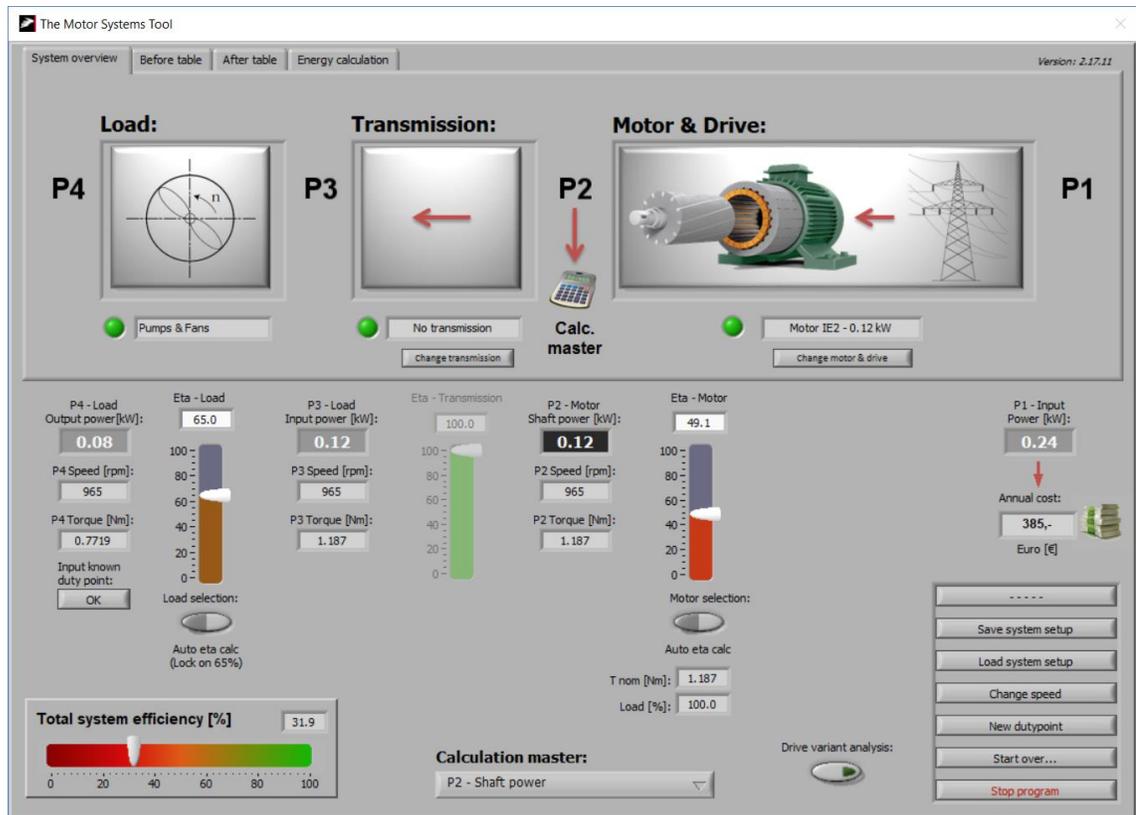


Figura 4. Ventana de trabajo del Motor System Tool.

Fuente: <https://www.motorsystems.org/motor-systems-tool>

Otro software vinculado a la auditoría energética de motores eléctricos es el software EFICAL para la estimación de la eficiencia y el factor de potencia de motores a cualquier estado de carga, también desarrollado en el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente de la Universidad de Cienfuegos. Las dificultades de este software son que está desarrollado en ambiente Matlab y solo permite la estimación de la eficiencia y del factor de potencia de un motor a la vez, por lo que el usuario requiere disponer de la licencia de MathWorks para el trabajo con Matlab y realizar los cálculos de todos los motores uno a uno lo que puede implicar un tiempo de trabajo excesivamente grande en dependencia del número de motores existentes en la empresa.

Factor de potencia y Eficiencia de un motores asincronicos

ESTIMADO DE LA CURVA DE FACTOR DE POTENCIA Y EFICIENCIA DE UN MOTOR ASINCRÓNICO

DATOS INICIALES

Eficiencia Nominal, en %, F_n =	96.4
Potencia nominal, en kW, P_n =	1119
Voltaje nominal, en V, V =	4160
Corriente nominal, en A, I_1 =	182
Factor de potencia nominal =	0.89
Velocidad nominal, en rpm, w =	3589
Corriente en vacío, en A, I_0 =	40.04
M_{max}/M_n =	2.9

Cancelar Siguiente

Figura 5. Ventana inicial del software en Matlab para estimar la eficiencia y el factor de potencia de motores de inducción.

Otra herramienta fácil de trabajar es el software Motor Calculator (Figura 8) desarrollado en la Universidad de Las Villas y que permite trabajar con perfiles de carga variable conociendo la corriente y la tensión en cada intervalo de carga. Sin embargo, no considera si el motor usa variador de velocidad, si ha sido rebobinado en otras ocasiones o el grado de obsolescencia del mismo para estimar los potenciales de ahorro de energía que pueden existir en la instalación y por lo tanto, no se adecua para la evaluación inicial.

MOTOR CALCULATOR 2005 (Universidad Central de Las Villas v 2.0)			
Data		Results	
Voltage (V)			
Power (kW)			
Synchronous Speed (rpm)	1800		
Design Type	NEMA B		
Enclosure Type	TEFC (Totally Enclosed Fan-Cooled)		
Efficiency Class	Standard		
Efficiency			
Power Factor			
State	Duration (h)	Voltage (pu)	Current (A)
1			

Figura 6. Software MOTOR CALCULATOR desarrollado por la Universidad de Las Villas.

Todas las herramientas anteriormente mencionadas permiten identificar oportunidades técnicas (ahorro de energía), pero no todas posibilitan determinar si esas oportunidades técnicas constituyen también oportunidades económicas (ahorro en dinero por disminución del consumo de energía). Por esta razón cuando se emplean herramientas aisladas es necesario a veces realizar los cálculos económicos de manera independiente. Para ello se han propuesto hojas de cálculo electrónica para el análisis económico de las propuestas de reemplazo de motores (VPN diferencial motor).

Además de estas, el auditor puede emplear cualquier otra herramienta gratuita que ofrecen los principales fabricantes de motores para el análisis de motores y el análisis del variador de velocidad en sus páginas web en combinación con el acceso a las bases de datos de motores que ofrece el fabricante correspondiente. Por ejemplo, para el análisis de propuesta de variadores de velocidad en bombas se puede emplear el software PS40B desarrollado por ABB utilizando Microsoft Excel (Figura 7)

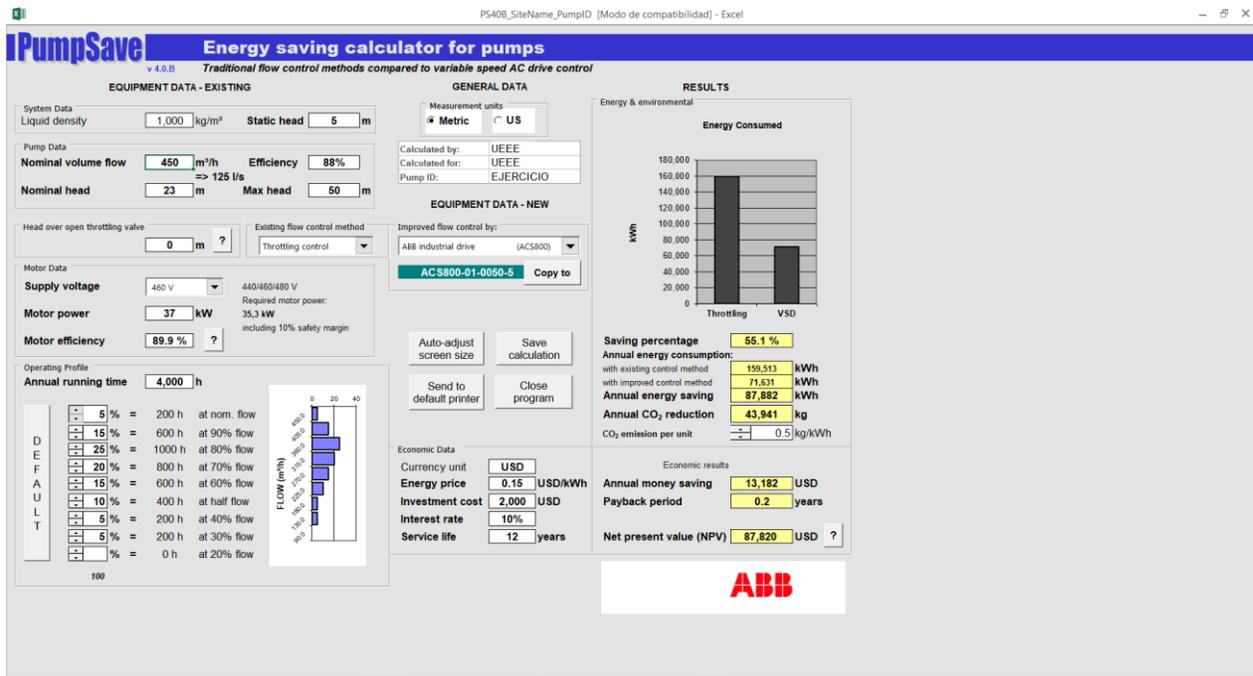


Figura 7. Herramienta pública PS40B desarrollado por ABB.

Fuente: ABB Library - PumpSave411

1.3 Fundamentación de los objetivos

Como se pudo apreciar de acuerdo a los anteriores puntos expuestos la automatización de procesos es algo necesaria y más para este paso tan importante que define si seguir o no con la auditoría, pues permite hacer un mejor seguimiento de todo el proceso y en cualquier momento, facilitando además la búsqueda de datos y la obtención de informes. Uno de los principales beneficios de la automatización de procesos es la eliminación de errores por la actividad manual, facilitar la elaboración de información de valor, siempre al día y disponible para consulta rápida; ante cualquier eventualidad o problema esta información puede ofrecer soluciones de forma precisa e inmediata. Un sistema automatizado está prácticamente exento de pérdidas de eficiencia y resulta mucho más sencillo de planificar y de controlar todos sus niveles. Un sistema debidamente automatizado, es mucho más eficiente, tanto energéticamente como en lo que a mermas de tiempo se refiere.

1.4 Tendencias y tecnologías actuales

La tendencia internacional es a desarrollar normativas, políticas y guías para la implementación de las mismas pero utilizando como herramientas informáticas las

existentes que como ya se mencionó constituyen aplicaciones aisladas que no fueron concebidas originalmente para la realización de auditorías energéticas en motores eléctricos. Es decir, se encuentran guías que incluyen sugerencias de cómo hacer el análisis preliminar pero pocas herramientas que te ayuden a esto, especialmente para este paso inicial.

En el sitio de TopMotors (<https://www.topmotors.ch/de/tools>) se ofrecen distintas herramientas desarrolladas en Microsoft Excel para la estimación de la eficiencia y el análisis de oportunidades de ahorro en motores eléctricos. Una de las más versátiles es el SOTEA (Software Tool for Efficient Drives) que, basándose en poca información sobre la empresa y su consumo/costos de electricidad, estima la participación de los accionamientos eléctricos en el consumo y realiza un primer cálculo aproximado del potencial de ahorro de energía. En la Figura 5 se muestra la interfaz de este software. Aunque este software se diseñó específicamente para el primer paso de la auditoría para la toma de decisiones sobre continuar con la misma mediante la herramienta MOTOR-CHECK, es un programa que está en fase de prueba y además los derechos de autor solo permiten su uso a instituciones y personas autorizadas.

Figura 8. Interfaz gráfica del software SOTEA.

Fuente: <https://www.topmotors.ch/de/tools>

Más recientemente, en el 2021 se desarrolló por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos, una herramienta en Microsoft Excel denominada EPAud (Evaluación Preliminar de Auditoría) cuya ventana inicial se muestra en la figura 6. Este libro de cálculo permite calcular y estimar el consumo y el potencial de eficiencia energética de sistemas de motores eléctricos en la respectiva empresa. Basado sobre esta información, el auditor de energía y la empresa pueden decidir si quieren continuar con la auditoría energética o no, pero esta herramienta aun no permite la realización de reportes bien estructurados y además no dispone de un ambiente amigable con el usuario, siendo difícil su empleo por parte de personal que no sean sus propios desarrolladores.

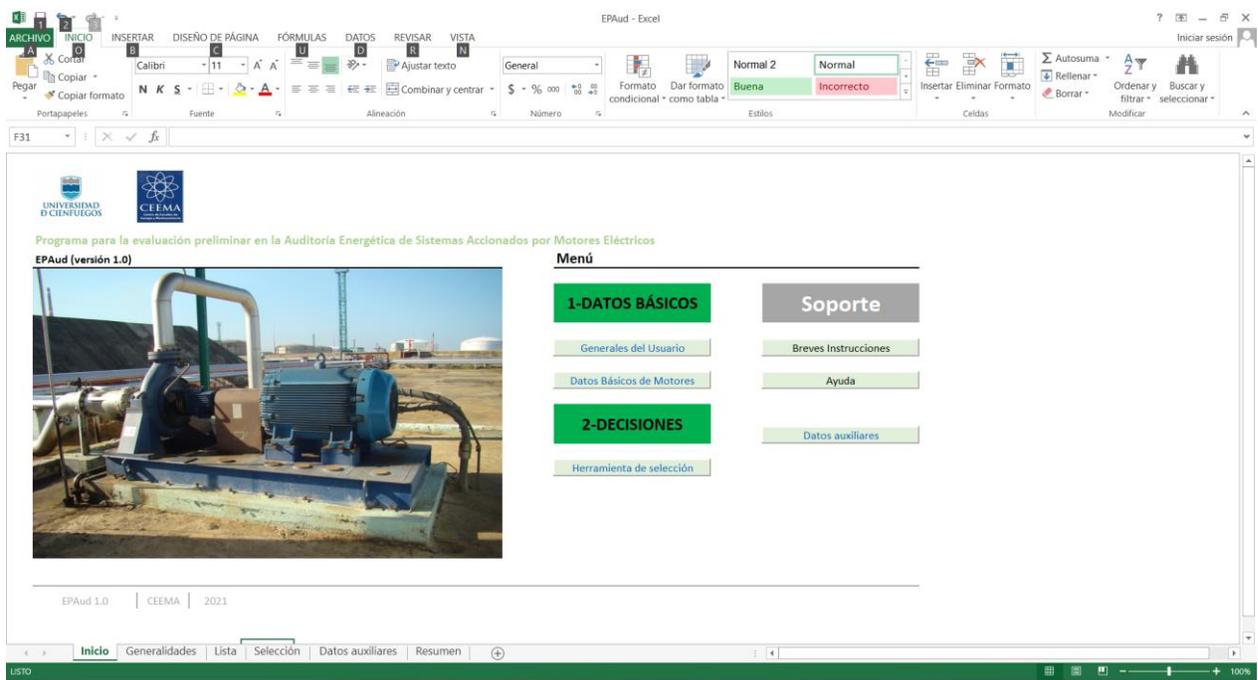


Figura 9. Vista de la hoja inicial del libro de cálculo EPAud

1.5 Análisis crítico de las fuentes y bibliografías utilizadas

Cuando se comenzó el estudio para automatizar el proceso de evaluación inicial en auditorías energéticas a motores eléctricos, se encontró una fuerte tendencia internacional al desarrollo de normativas y guías para la realización de la auditoría mientras se mantiene

la carencia de herramientas que automaticen el proceso y coadyuven a facilitar el trabajo de los auditores. Se revisaron varios artículos para identificar las herramientas y sistemas informáticos que proponían y así orientar el trabajo hacia el objetivo de esta investigación. Los artículos más importantes publicados que desarrollan métodos u otras técnicas para la realización de auditorías energéticas en entornos industriales, definen un método o describen una serie de pasos sucesivos para la realización de una auditoría energética en un proceso industrial, algunos lo hacen de forma detallada y otros no tanto. Por ejemplo, (Kluczek & Olszewski, 2017)[8], (Boharb, Allouhi, Saidur, Kousksou, & Jamil, 2017)[9], (Prashanth, et al., 2014)[10], (Stamenic, Jankes, Tanasic, M., & Simonovic, 2012)[11], se basan en normas técnicas y estándares, mientras que (Abdelaziz, Saidur, & Mekhilef, 2011)[12], (Lanzzarin & Noro, 2015)[13], (Aranda-Usón, Ferreira, Mainar-Toledo, Scarpellini, & Sastresa, 2012)[14], (Fresner, Morea, Krenn, Usón, & Tomasi, 2017)[15], (Tanasic, et al., 2014)[16], (Aadithya, 2016)[17], (Rajput & Singh, 2016)[18], (Man, Chen, & Hong, 2012)[19] detallan un método apoyándose en descripciones, definiciones, conceptos de cómo realizar la auditoría energética con libertad en el diseño y conformación de la auditoría. Ninguno de estos trabajos propone una herramienta computacional específica para su realización y mucho menos para la evaluación preliminar.

En la bibliografía consultada existen reportes acerca de buenas prácticas para la gestión de motores eléctricos. Tal es el caso de (Coopper Development Association Inc., s.f.) que se enfoca en dar recomendaciones acerca de cómo planificar la gestión de motores eléctricos, primeramente realizando el inventario de motores, usando como herramienta fundamentalmente el software MotorMaster+ y con esa información básicamente decidir si reparar o reemplazar el motor.

Una guía para realizar auditorías en motores eléctricos se reporta en el trabajo de grado (Narvárez & Mosquera, 2019)[20]. En este trabajo los autores proponen un método basado en la norma ISO 50002:2014 que denominaron MAEM y una herramienta TIC para la recolección de datos y lo aplican a la Universidad del Cauca como caso de estudio.

La publicación más relevante encontrada sobre el tema es (Kulterer & Presch, 2018)[21]. Esta guía ofrece una descripción general sistemática y completa sobre cómo utilizar las normativas y herramientas disponibles para una auditoría del sistema motor. Ese documento está estructurado a lo largo de las etapas de una auditoría energética de acuerdo con ISO 50002 e incluye la organización y las tareas técnicas que se realizarán

durante la auditoría. En este se propone el software SOTEA como herramienta para la evaluación preliminar. Tanto el SOTEA como el EPAud constituyen las herramientas que se ajustan mejor a los objetivos de esta investigación y por lo tanto serán tomadas como base en esta tesis para el desarrollo de la propuesta.

1.6 Fundamentación de la metodología utilizada.

1.6.1 Lenguaje de Modelación Unificado (UML).

El Lenguaje de Modelado Unificado (UML - Unified Modeling Language) permite modelar, construir y documentar los elementos que forman un producto de Software que responde a un enfoque orientado a objetos. Este lenguaje fue creado por un grupo de estudiosos de la Ingeniería de Software formado por: Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh en el año 1995. Desde entonces, se ha convertido en el estándar internacional para definir, organizar y visualizar los elementos que configuran la arquitectura de una aplicación orientada a objetos.

Con este lenguaje, se pretende unificar las experiencias acumuladas sobre técnicas de modelado e incorporar las mejores prácticas actuales en un acercamiento estándar.

UML no es un lenguaje de programación sino un lenguaje de propósito general para el modelado orientado a objetos y también puede considerarse como un lenguaje de modelado visual que permite una abstracción del sistema y sus componentes.

Entre sus objetivos fundamentales se encuentran:

1. Ser tan simple como sea posible, pero manteniendo la capacidad de modelar toda la gama de sistemas que se necesita construir.
2. Necesita ser lo suficientemente expresivo para manejar todos los conceptos que se originan en un sistema moderno, tales como la concurrencia y distribución, así

como también los mecanismos de la ingeniería de Software, como son el encapsulamiento y el uso de componentes.

3. Debe ser un lenguaje universal, como cualquier lenguaje de propósito general.

4. Imponer un estándar mundial.

1.6.2 Metodología ICONIX:

Es una metodología pesada-ligera de Desarrollo del Software que se halla a medio camino entre [RUP](#) (Rational Unified Process) y [XP](#) (eXtreme Programming), es una [metodología](#) simplificada en comparación a otras más tradicionales, la cual unifica un conjunto de métodos de orientación a objetos con el objetivo de tener un control estricto sobre todo el ciclo de vida del producto a realizar, cuenta con una secuencia de pasos que se deben seguir y determina claramente las actividades a desarrollar en cada etapa del ciclo de vida del proyecto que la utilice.

- La metodología ICONIX, es una combinación entre la RUP y XP; está basada en el desarrollo de sistemas a partir del análisis y la documentación.
- Esta metodología se busca tener una retroactividad con el cliente.
- Se definirán los modelos de casos de uso, de secuencia y de robustez, con la finalidad de conseguir un buen sistema.
- Lo original de la metodología es la definición de un proceso ágil para obtener la especificación de requerimientos y modelar el comportamiento de sistemas, utilizando el lenguaje de modelamiento unificado (UML).
- Es una alternativa para la comunidad informática dedicada al desarrollo de sistemas de gestión pequeños y medianos.
- La participación y el compromiso de los usuarios finales es uno de los pilares fundamentales de las metodologías ágiles.

1.7 Fundamentación del lenguaje de programación y de otros softwares utilizados.

1.7.1 Java.

Se escogió el lenguaje de programación Java para el desarrollo del software, debido

a la gran cantidad de ventajas que ofrece esta novedosa herramienta, además de estar familiarizado con el lenguaje de programación Java, lo cual resultó un obstáculo menos a la hora del aprendizaje. Aunque Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por [Sun Microsystems](#) a principios de los años 90. El lenguaje en sí mismo toma mucha de su sintaxis de [Lenguaje de Programación C](#) y [C++](#), pero tiene un modelo de objetos más simple y elimina herramientas de bajo nivel, que suelen inducir a muchos errores, como la manipulación directa de punteros o memoria. Algunos de sus rasgos son :

- Es un lenguaje de programación orientado a objetos.
- Permitir la ejecución de un mismo programa en múltiples sistemas operativos.
- Incluye por defecto soporte para trabajos en la red.
- Tiene un diseño que permite ejecutar código en sistemas remotos de forma segura.
- Es de uso fácil y toma lo mejor de otros lenguajes orientados a objetos, como C++.

1.7.2 Adobe Photoshop.

Se utilizó la aplicación informática Adobe Photoshop CS3 para la edición y retoque de imágenes bitmap.

Photoshop presenta un entorno completo para diseñadores y grafistas profesionales en el que se pueden crear sofisticadas imágenes para impresión, Internet, dispositivos inalámbricos y otros medios. Con el completo juego de herramientas Web, de retoque, de pintura y de dibujo, Photoshop ayuda a completar eficazmente cualquier tarea de edición de imágenes.

La potencia de Photoshop para la edición de imágenes y la inclusión y modificación avanzada de textos, el tratamiento avanzado del color, los efectos de filtros y propiedades de capas, las facilidades de conversión de formatos de imágenes y su cómoda interfaz integrada, lo hace cumplir con los requisitos necesarios para el trabajo de edición de imágenes que se requiere.

1.7.3 MySql

Sistema de gestión de base de datos relacional y multiusuario con más de seis millones de instalaciones. Por un lado se ofrece bajo la [GNU GPL](#) para cualquier uso compatible con esta licencia, pero para aquellas empresas que quieran incorporarlo en productos privativos deben comprar a la empresa una licencia específica que les permita este uso. Está desarrollado en su mayor parte en [ANSI C](#).

- Usa GNU Automake, Autoconf, y Libtool para portabilidad
- Uso de multihilos mediante hilos del kernel.
- Usa tablas en disco b-tree para búsquedas rápidas con compresión de índice
- Tablas hash en memoria temporales
- El código MySQL se prueba con Purify (un detector de memoria perdida comercial) así como con Valgrind, una herramienta GPL
- Completo soporte para operadores y funciones en cláusulas select y where.
- Completo soporte para cláusulas group by y order by, soporte de funciones de agrupación
- Seguridad: ofrece un sistema de contraseñas y privilegios seguro mediante verificación basada en el host y el tráfico de contraseñas está cifrado al conectarse a un servidor.
- Soporta gran cantidad de datos. MySQL Server tiene bases de datos de hasta 50 millones de registros.
- Se permiten hasta 64 índices por tabla (32 antes de MySQL 4.1.2). Cada índice puede consistir desde 1 hasta 16 columnas o partes de columnas. El máximo ancho de límite son 1000 bytes (500 antes de MySQL 4.1.2).
- Los clientes se conectan al servidor MySQL usando sockets TCP/IP en cualquier plataforma. En sistemas Windows se pueden conectar usando named pipes y en sistemas Unix usando ficheros socket Unix.
- En MySQL 5.0, los clientes y servidores Windows se pueden conectar usando memoria compartida.
- MySQL contiene su propio paquete de pruebas de rendimiento proporcionado con el código fuente de la distribución de MySQL.

1.7.4 Enterprise Architect:

Enterprise Architect es una herramienta comprensible de diseño y análisis [UML](#), cubriendo el desarrollo de [software](#) desde el paso de los requerimientos a través de las etapas del análisis, modelos de diseño, pruebas y mantenimiento. EA es una [herramienta multi-usuario](#), basada en [Windows](#), diseñada para ayudar a construir software robusto y fácil de mantener. Ofrece salida de documentación flexible y de alta calidad.

Las bases de Enterprise Architect están construidas sobre la especificación de UML 2.0 - pero no se detiene ahí, usa Perfiles [UML](#) para extender el dominio de modelado, mientras que la Validación del [Modelo](#) asegura integridad. Combina Procesos de Negocio, Información y Flujos de trabajo en un modelo usando nuestras extensiones gratuitas para BPMN y el perfil [Eriksson-Penker](#)

EA le ayuda a administrar la complejidad con herramientas para rastrear las dependencias, soporte para modelos muy grandes, control de versiones con proveedores [CVS](#) o [SCC](#), Líneas Base por cada punto del tiempo, la utilidad de comparar (diff) para seguir los cambios del modelo, interfaz intuitiva y de alto rendimiento con vista de proyecto como un "explorador".

Conclusiones

- 1- La bibliografía consultada muestra una fuerte tendencia internacional al desarrollo de normativas y guías para la realización de la auditoría mientras se mantiene la carencia de herramientas que automaticen el proceso y coadyuven a facilitar el trabajo de los auditores.
- 2- Hasta el momento no se reporta una herramienta informática específica para automatizar la evaluación preliminar durante el proceso de auditoría energética a los sistemas accionados por motores eléctricos, que cumpla con los requisitos de la norma ISO 50002:2014, y que facilite la toma de decisiones a los auditores y representantes de la empresa.
- 3- Dentro de las herramientas y sistemas informáticos que existen y pueden ser utilizados en una auditoría energética de motores eléctricos se encontró que tanto el SOTEA como el EPAud constituyen las que se ajustan mejor a los objetivos de esta investigación y sus algoritmos serán la base del desarrollo de la propuesta de automatización de la evaluación preliminar.

CAPITULO II – ANALISIS Y DISENO DE LA PROPUESTA

Introducción

En el presente capítulo se describe el análisis de la solución propuesta, utilizando UML como lenguaje de modelado y ICONIX como metodología, empleando el Modelo del Dominio para la captura de objetos; el cual ayuda a modelar y describir la solución propuesta. Utilizando el Modelo del Sistema, se identifican los requerimientos funcionales y no funcionales, se definen a los actores del sistema y a los servicios o funcionalidades que a su disposición se colocan (los casos de uso del sistema). Se muestra el diagrama de casos de uso del sistema, así como la descripción de los mismos.

2.1 Especificación de Requerimientos Funcionales y no funcionales

2.1.1 Definición de los requisitos no funcionales

Un requerimiento no funcional especifica propiedades del sistema, como restricciones del entorno o de implementación, rendimiento, dependencias de plataforma, mantenibilidad, extensibilidad o fiabilidad. Es un requerimiento que especifica restricciones físicas sobre un requerimiento funcional.

2.1.1.1 Apariencia o interfaz externa:

La interfaz estará diseñada de modo tal que el usuario pueda tener en todo momento el control de la aplicación, lo que le permitirá ir de un punto a otro dentro de ella con gran facilidad. Se cuidará porque la aplicación sea lo más interactiva posible. La interfaz será uniforme en cuanto a apariencia y funcionalidad. Se usarán los colores de la universidad para las interfaces de la aplicación.

2.1.1.2 Requisitos de usabilidad:

Los usuarios de esta aplicación quedan restringidos a los especialistas del CEEMA.

2.1.1.3 Requisitos de rendimiento:

El sistema está concebido para funcionar como una aplicación de escritorio, por lo que con un solo ordenador basta para su correcto funcionamiento.

En cuanto a los tiempos de respuesta, estos deben ser cortos para lograr una mayor rapidez a la hora de mostrar los resultados.

El sistema deberá funcionar de manera estable evitando errores que conciernan directamente a su programación.

2.1.1.4 Requisitos de soporte:

La aplicación en general deberá ser instalada por personal calificado, teniendo en cuenta las configuraciones necesarias para su funcionamiento.

Las pruebas del sistema serán realizadas en el CEEMA. Dichas pruebas permitirán evaluar en la práctica la funcionalidad y las ventajas de este nuevo producto.

La aplicación será documentada para garantizar el soporte de la herramienta.

2.1.1.5 Requisitos político – culturales:

El nivel social, cultural o étnico, no determinará una prioridad o limitante a la hora de brindar los servicios que ofrece el producto.

2.1.1.6 Requisitos legales:

La herramienta propuesta responderá a los intereses del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente(CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos. Dicha herramienta puede ser comercializada por el CEEMA.

2.1.1.7 Requisitos de ayuda y documentación en línea:

El sistema contará con una ayuda para las diferentes funcionalidades del mismo.

2.1.1.8 Requerimientos de software:

Se deberá tener un sistema operativo compatible (Windows), para la instalación de la aplicación. Como prerrequisitos el sistema solicita los componentes de Visual Studio o Framework.NET versión 3.5, además del paquete de Microsoft Office. Contar con una versión de java superior a la versión 7.

2.1.1.9 Requerimientos de hardware:

Para el desarrollo y puesta en práctica del proyecto se requieren ordenadores con los siguientes requisitos mínimos:

- Procesador Pentium IV a 2.4 GHz.
- 512 Mb de memoria RAM
- 10 Gb de Capacidad de disco duro.
- Teclado y Mouse
- Monitor SVGA con 1024 x 768 píxeles de resolución, 32 bits de colores.
- Se requiere de una capacidad de procesamiento alta para ejecutar algoritmos que requieren tiempo de procesamiento, como en el caso del algoritmo genético.

2.1.2 Definición de los requisitos funcionales

Un requerimiento funcional especifica una acción de ser capaz de realizar un sistema, sin considerar restricciones físicas; requisito que especifica comportamiento de entrada/salida de un sistema. Estos dependen del tipo de software y del sistema que se desarrolle y de los posibles usuarios del software.

Cuando se expresan como requerimientos del usuario, habitualmente se describen

de forma general mientras que los requerimientos funcionales del sistema describen con detalle la función de éste, sus entradas y salidas, excepciones, etc. En algunos casos, los requerimientos funcionales de los sistemas también declaran explícitamente lo que el sistema no debe hacer.

Requerimientos funcionales del sistema:

1. Crear nueva base de datos de motores.
 - 1.1 Cargar datos para estudios de los motores.
 - 1.2 Seleccionar datos del estado de carga.
 - 1.3 Introducir datos de chapa del motor.
 - 1.4 Cargar estimados.
2. Generalidades de la empresa.
 - 2.1 Cargar información acerca del uso de la energía.
 - 2.2 Cargar información para estudio de rentabilidad.
3. Toma de decisiones.
 - 3.1 Calculo de los datos de consumo y potencial de reducción por reemplazo de motores.
 - 3.2 Insertar criterios de selección.
4. Realizar cálculo de la eficiencia.
5. Abrir un estudio de motor existente.
 - 5.1 Eliminar estudio de motor
6. Guardar un estudio de motor.
7. Imprimir estudio de motor.
8. Calcular Factibilidad económica de cambio de motor.
9. Imprimir resultados de estudio de factibilidad económica del motor.
- 10.Registrar datos de consulta de estudio de motor.
 - 10.1 Registrar datos desde archivo.
- 11.Mostrar resumen para la toma de decisiones
- 12.Mostrar temas de ayuda.

13. Mostrar información del sistema.

14. Salir de la aplicación..

En la tabla siguiente se describen el requerimiento padre, los generales.

Código	Descripción
RF001	Cargar datos para nuevo estudio de motor: Permite al auditor crear un nuevo estudio sobre los motores de la empresa.
RF002	Generalidades de la empresa: Permite al auditor introducir los datos generales proporcionados por la empresa y que ayudaran a la toma de desicione.
RF003	Especificaciones de la empresa: Permite introducir datos sobre cantidad de motores y consumo.
RF004	Realizar cálculo de la eficiencia: Permite al especialista calcular la eficiencia del motor.
RF005	Cargar un estudio de motor existente: Permite al auditor cargar un estudio de motor previamente creado.
RF006	Guardar un estudio de motor: Permite al especialista guardar un estudio de motor.
RF007	Imprimir un estudio de motor: Permite al auditor imprimir un estudio de motor.
RF008	Calcular factibilidad económica de cambio de motor: Permite al auditor calcular la factibilidad económica de cambio de motor.
RF009	Imprimir resultado de factibilidad: Permite al auditor imprimir los resultados de factibilidad.
RF010	Registrar datos de consulta de motor: Permite al auditor registrar/cargar/eliminar un estudio de motor.
RF011	Mostrar un resumen para la toma de desiciones.
RF012	Mostrar temas de ayuda.
RF013	Mostrar información del sistema:.

RF014	Salir de la aplicación.
-------	-------------------------

2.2 Modelamiento del Dominio

El modelo del dominio captura los tipos más importantes de objetos en el contexto del sistema. Los objetos del dominio representan las "cosas" que existen o los eventos que suceden en el entorno en el que trabaja el sistema. Muchos de los objetos del dominio o clases pueden obtenerse de una especificación de requisitos

o mediante la entrevista con los expertos del dominio. El objetivo del modelado del dominio es comprender y describir las clases más importantes dentro del contexto del sistema.

Para una mayor comprensión del contexto en que se desarrolla el proceso de cálculo de la eficiencia y otros parámetros operacionales de los motores eléctricos asincrónicos, a continuación se definen las clases del dominio:

Auditor: Es el usuario del CEEMA encargado de realizar el cálculo de la eficiencia y otros parámetros operacionales en los motores. Se traslada a la empresa y utiliza los datos de chapa del motor y las mediciones para realizar los cálculos de la eficiencia, utilizando EPAud, además de sugerir el cambio de motor a partir de un estudio de factibilidad.

Datos del motor: Son datos que recoge el especialista cuando va a realizar un estudio de motor. Existen dos tipos de datos fundamentales: los datos nominales del motor (potencia nominal, voltaje nominal, corriente nominal, factor de potencia nominal, eficiencia nominal, velocidad sincrónica, velocidad nominal, diseño, norma por la que se estampa la chapa, conexión del devanado, clase de aislamiento), y el otro tipo de datos son las mediciones del motor (estados de carga), la estructura de las mediciones que son tomadas del motor: voltajes (V_{ab} , V_{bc} , V_{ca}), corrientes (I_a , I_b , I_c), velocidad (rpm), frecuencia (frec), potencia (Pt).

NETBEANS IDE: es un entorno de desarrollo integrado de código abierto y gratuito para el desarrollo de aplicaciones en los sistemas operativos Windows, Mac, Linux y Solaris. El IDE simplifica el desarrollo de aplicaciones web, empresariales, de escritorio, y móviles que utilizan las plataformas Java y HTML.

Cálculo de la eficiencia y otros parámetros: Una vez introducidos los datos del motor en el programa, el mismo calcula los resultados (voltajes

corregidos, corrientes corregidas, factor de desbalance complejo, deslizamiento, eficiencia, pérdidas desagregadas, potencias consumidas de la red y potencia desarrollada.

Estudio de factibilidad de cambio de motores: Con los resultados obtenidos el especialista realiza un estudio de factibilidad para la sustitución del motor, donde interpreta si es realmente necesario o no la sustitución del motor actual por uno más eficiente. Para ello necesita introducir los datos nominales del motor actual, los datos nominales del motor propuesto y datos económicos necesarios para el estudio de factibilidad de cambio de motor (precio de la energía, precio de la demanda contratada, inflación de la energía, impuestos sobre las ganancias, interés bancario, meses de operación al año, tiempo de operación anual en horas, margen de riesgo, vida útil de la inversión).:

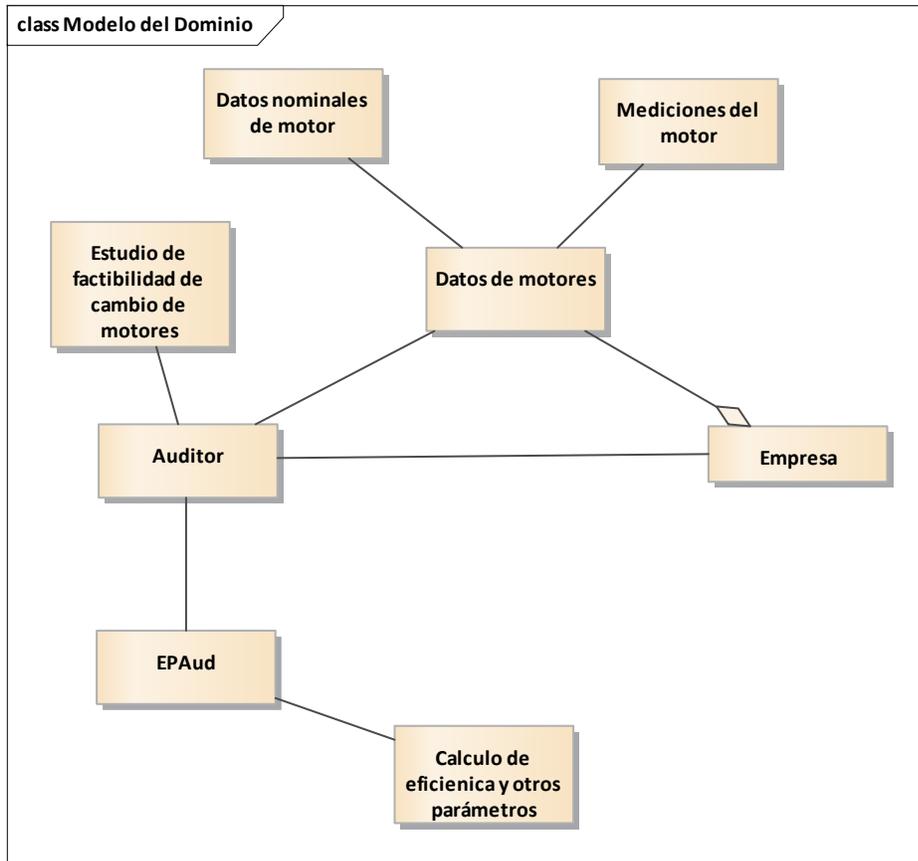


Fig.10 Diagrama de dominio

2.2.1 Reglas del negocio a considerar

A continuación, se definen las reglas que fueron identificadas para un correcto proceso de cálculo de la eficiencia y otros parámetros operacionales de los motores eléctricos asíncronos:

- Los datos de chapa, así como las mediciones que se llevan a cabo en la entidad deben cumplir con el formato establecido para el funcionamiento del sistema, deben introducirse en un libro de Excel.
- Solo el especialista realiza el cálculo de la eficiencia y análisis preliminar durante el proceso de auditoría energética de motores eléctricos de acuerdo con la norma ISO 50002.
- Para llevar a cabo el proceso de análisis preliminar durante el proceso de auditoría energética de motores eléctricos debe tener un amplio conocimiento de los motores existentes en el mercado y los recursos con que cuenta la empresa.
- Los datos recogidos por el especialista no pueden ser alterados bajo ninguna circunstancia.

2.3 Paquetes y sus relaciones

Paquetes y relación entre ellos, en caso de que la complejidad lo requiera. Si hay más de un módulo, definir el diagrama de paquetes para cada módulo.

Ver en carpeta de anexos adjunta. FA 1.

2.4 Diagrama de casos de uso del sistema a automatizar

1. Crear un nuevo estudio de motores.
2. Generalidades de la empresa.
3. Toma de decisiones.

4. Realizar cálculo de la eficiencia.
5. Cargar un estudio de motor existente.
6. Guardar un estudio de motor.
7. Imprimir estudio de motor.
8. Calcular Factibilidad económica de cambio de motor.
9. Imprimir resultados de estudio de factibilidad económica del motor.
10. Registrar datos de consulta de estudio de motor.
11. Mostrar resumen para la toma de decisiones
12. Mostrar temas de ayuda.
13. Mostrar información del sistema.
14. Salir de la aplicación.

Caso de uso CU001-01 Cargar datos para nuevo estudio de motores.	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor crear un estudio sobre los motores de la empresa.
Resumen:	
<p>El caso de uso se inicia cuando el auditor decide crear una base de datos de motores, va a la pantalla de la creación del nuevo estudio de motor. El sistema necesita importar los datos se abre una ventana que muestra el directorio de la unidad almacenamiento, selecciona el archivo de datos del libro de Microsoft Excel que contiene los datos del motor. Identifica los datos con las variables del motor (datos de chapa del motor): su potencia de carga nominal(kW), Velocidad de rotación(rpm), tensión nominal(V), corriente nominal(A), eficiencia nominal(%), factor de carga medio(%), clase de eficiencia(IEC), año de fabricación, edad(años), tiempo de operación anual(horas), veces que ha sido rebobinado, dispone variador de velocidad(si/no). Selecciona el estado de carga a evaluar.El caso de uso culmina con la confirmación del especialista.</p>	
Referencias	R1.1
Precondiciones:	-
Postcondiciones:	Se introducen los datos del motor.
Cursos alternos:	<ul style="list-style-type: none"> -El libro Excel puede contener errores y no llegar a cargarse correctamente. -No se introducen los datos obligatorio, el auditor debe volver a revisar por la falta de estos. -Existen datos especificados de manera incorrecta, puede ser un error de la empresa o del auditor.
Prototipo:	Anexo(A1.1)

Tabla 1.1: Descripción del caso de uso del sistema " Crear nuevo estudio de motores"

2.4.2 Descripción de caso de Seleccionar datos del estado de carga.

Caso de uso CU01-02. Seleccionar datos del estado de carga.	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor la selección de los datos del estado de carga.

Resumen:	
El caso de uso se inicia cuando el auditor realiza la selección de los datos del estado de carga de los motores se muestra una pantalla en la cual el usuario seleccionará estos para todos los motores de la empresa a auditar. El caso de uso terminará cuando hayan sido seleccionados todos los datos de los motores.	
Referencias	R1.2
Precondiciones:	-
Postcondiciones:	Se cargan los datos de al empresa.
Cursos alternos:	-
Prototipo:	Anexo(A1.2)

Tabla 1.2: Descripción del caso de uso del sistema " Seleccionar datos del estado de carga "

2.4.3 Descripción de Caso de Uso Cargar Estimados.

Caso de uso CU01-03. Cargar estimados.	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor cargar/visualizar los estimados.
Resumen:	
El caso de uso se inicia cuando el auditor presiona en el botón de carga de estimados(eficiencia operacional, consumo designado, potencial de ahorro durante la vida útil). El programa se los mostrará en una tabla bien organizados para cada motor. El caso de uso terminará cuando haya obtenido todos los datos de las estimaciones.	
Referencias	R1.3
Precondiciones:	-
Postcondiciones:	Se cargan los datos de al empresa.
Casos alternos:	-
Prototipo:	Anexo(A1.3)

Tabla 1.3: Descripción del caso de uso del sistema " Cargar estimados "

2.4.4 Descripción de caso de uso Generalidades de la Empresa.

Caso de uso CU002-01 Generalidades de la empresa.	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor introducir los datos generales proporcionados por la empresa y que ayudaran a la toma de decisiones.
Resumen:	
El caso de uso se inicia cuando el auditor decide presionar en el botón para introducir los datos de la empresa(nombre, organismo, entidad dirección) que ayudaran a los diferentes cálculos y al resumen final además de la toma de decisiones que necesitan de estos valores	
Referencias	R2.1
Precondiciones:	-
Postcondiciones:	Se cargan los datos de al empresa.
Postcondiciones:	-
Prototipo:	Anexo(A2.1)

Tabla 2.1: Descripción del caso de uso del sistema " Generalidades de la empresa"

2.4.5 Descripción de caso de uso Cargar información acerca del uso de la energía.

Caso de uso CU002-02 Cargar Información acerca del uso de la energía	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor ver la información acerca del uso de la energía por la empresa.
Resumen:	
El caso de uso se inicia cuando el auditor presiona el botón de carga, datos proporcionados por la empresa e introducidos manualmente por el auditor son mostrados en una pantalla por el sistema (Consumo y costo total de electricidad). El caso de uso termina al confirmar los datos.	
Referencias	R2.2
Precondiciones:	-
Postcondiciones:	Se cargan los datos de la empresa.
Postcondiciones:	Son los datos números enteros? El usuario debe volver a introducirlos.
Prototipo:	Anexo(A2.2)

Tabla 2.2: Descripción del caso de uso del sistema " Cargar información acerca del uso de la energía"

2.4.6 Descripción de casos de uso Cargar información para estudio de rentabilidad.

Caso de uso CU002-03 Cargar información para estudio de rentabilidad.	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor ver la información necesaria para el estudio de rentabilidad.
Resumen:	
El caso de uso se inicia cuando el auditor presiona el botón de carga, datos proporcionados por la empresa e introducidos manualmente por el auditor los cuales son mostrados en una pantalla (Tasa de interés bancario e impuesto sobre las ganancias) cargada por el sistema. El caso de uso termina cuando el auditor ya no necesita más esta información y presiona en cerrar.	
Referencias	R2.3
Precondiciones:	-
Postcondiciones:	Se cargan los datos del estudio de rentabilidad.

Cursos alternos:	Son los datos números enteros? El usuario debe volver a introducirlos.
Prototipo:	Anexo(A2.3)

Tabla 2.3: Descripción del caso de uso del sistema " Cargar información para estudio de rentabilidad"

2.4.7 Descripción de Casos de Uso Especificaciones de la empresa.

Caso de uso CU003-01 Especificaciones de la empresa.	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor introducir datos sobre cantidad de motores y consumo
Resumen:	
<p>El caso de uso se inicia cuando el auditor decide abrir la ventana de que contiene los datos de la toma de decisiones , introduce las especificaciones de la empresa(consumo debido a motores, número de motores instalados y motores seleccionados), el programa calculará y devolvera los datos.El caso de uso termina cuando el usuario ya introdujo todos estos datos para ser almacenados por el programa.</p>	
Referencias	R3.1
Precondiciones:	Debe haberse creado un estudio de los motores y estar cargado los datos generales de la empresa.
Postcondiciones:	Se cargan los datos de la empresa.
Cursos alternos:	-
Prototipo:	Anexo(A3.1)

Tabla 3.1: Descripción del caso de uso del sistema " Toma de decisiones"

2.4.8 Descripción de caso de uso Calcular datos de consumo y potencial.

Caso de uso CU003-02 Calcular datos de consumo y potencial.	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor conocer sobre el consumo y potencial por reducción por remplazo de motores.
Resumen:	
<p>El caso de uso se inicia cuando el auditor decide abrir la ventana que calculará el consumo y potencial de reducción por reemplazo de motores. Entonces el programa procede a calcular estos valores y se lo devuelve a usuario en una interfaz amigable. El caso de uso termina cuando el usuario tiene en su visión todos estos datos ya cargados.</p>	
Referencias	R3.2
Precondiciones:	Debe haberse creado un estudio de los motores y estar cargado los datos generales de la empresa.
Postcondiciones:	Se cargan los datos de la empresa.
Cursos alternos:	-
Prototipo:	Anexo(A3.2)

Tabla 3.2: Descripción del caso de uso del sistema " Toma de decisiones"

2.4.9 Descripción de Caso de uso Insertar criterios de selección.

Caso de uso CU003-03 Insertar criterios de selección.	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al conocer diferentes valores que le ayudarán en su toma de decisiones..
Resumen:	
<p>El caso de uso se inicia cuando el auditor decide abrir la ventana de que contiene los datos de la toma de decisiones. El usuario llenara ciertos espacios con información que quiera conocer (mayores de mayor envejecimiento, cantidad de horas de operación. El caso de uso acabará cuando el usuario termine la selección y el sistema muestre estos resultados.</p>	
Referencias	R3.3

Precondiciones:	Debe haberse creado un estudio de los motores y estar cargado los datos generales de la empresa, las especificaciones de la empresa y los datos de consumo y potencial de reducción por reemplazo de motores.
Postcondiciones:	Se cargan los resultados de la selección.
Cursos alternos:	Si datos no son introducidos los introduce el sistema pone unos por defecto.
Prototipo:	Anexo(A3.3)

Tabla 3.3: Descripción del caso de uso del sistema "Insertar criterios de selección"

2.4.10 Descripción de casos de uso Realizar Cálculo de la Eficiencia.

Caso de uso CU004 Realizar cálculo de la eficiencia.	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al especialista calcular la eficiencia del motor.
Resumen:	
<p>El caso de uso se inicia cuando el especialista decide calcular la eficiencia del motor. Se procede a calcular los resultados, obteniendo la eficiencia y otros datos operacionales del motor. El caso de uso culmina con la muestra de los resultados.</p>	
Referencias	R4
Precondiciones:	Debe haberse creado un nuevo estudio de motor.
Postcondiciones:	Se cargan los datos de la empresa.
Cursos alternos:	-Están todos los datos introducidos?(el sistema muestra un mensaje y el auditor debe revisar por falta de datos)
Prototipo:	Anexo(A4)

Tabla 4: Descripción del caso de uso del sistema "Realizar cálculo de la eficiencia."

2.4.11 Descripción de Caso de uso Cargar un estudio de motor existente.

Caso de uso CU005-01 Cargar un estudio de motor existente	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor cargar un estudio de motor previamente creado.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el especialista decide abrir un estudio de motor ya creado. Se abre una ventana que muestra el directorio de la unidad almacenamiento y se procede a seleccionar el archivo deseado. El caso de uso culmina con la carga del archivo.	
Referencias:	R5.1
Precondiciones:	Debe haberse guardado previamente un estudio de motor.
Poscondiciones:	Se carga el archivo.
Casos alternos:	-El archivo está dañado? Se procede a que revise de nuevo el archivo o cargue uno nuevo.
Prototipo:	Anexos (A5.1).

Tabla 5: Descripción del caso de uso del sistema " Cargar un estudio de motor existente."

2.4.12 Descripción del caso de uso Eliminar datos de estudio de motor.

Caso de uso CU005-02 Eliminar datos de estudio de motor	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor eliminar datos de estudio de motor.

Resumen:	
El caso de uso se inicia cuando el auditor decide consultar datos de estudio de motor. El sistema muestra una ventana con una lista de los distintos estudios de motor previamente registrados. Se exploran los datos de consulta de estudio de motor. Se eliminan datos de consulta de estudio de motor, lo cual permite eliminar un estudio del registro del sistema. El caso de uso culmina con la aceptación o la denegación del especialista de consultar datos de estudio de motor.	
Referencias:	R5.2
Precondiciones:	Existe anteriormente un estudio en el registro del sistema.
Poscondiciones:	Se consultan los datos de estudio de motor.
Casos alternos:	-
Prototipo:	Anexos (A5.2).

Tabla 5.2: Descripción del caso de uso de sistema “Eliminar datos de consulta del motor”.

2.4.13 Descripción del Caso de uso Guardar un estudio de Motor.

Caso de uso CU006 Guardar un estudio de motor	
Actores:	Especialista.
Propósito:	Permite al especialista guardar un estudio de motor.
Resumen:	
El caso de uso se inicia cuando el auditor decide guardar un estudio de motor. Se abre una ventana que muestra el directorio de la unidad almacenamiento y se procede a escribir un nombre para el archivo que va a ser guardado. El caso de uso culmina con el archivo guardado.	
Referencias:	R6.
Precondiciones:	Debe haberse realizado un estudio de motor.
Poscondiciones:	Se guarda el archivo.

Curso alternativo:	-
Prototipo:	Anexos (A6).

Tabla 6: Descripción del caso de uso de sistema “Guardar un estudio de motor”.

2.4.14 Descripción del caso de uso Imprimir un estudio de motor.

Caso de uso CU007 Imprimir un estudio de motor	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor imprimir un estudio de motor.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el auditor decide imprimir un estudio de motor. Se abre un diálogo donde se muestra lo que se está imprimiendo. El caso de uso culmina con la impresión del estudio de motor.	
Referencias:	R7.
Precondiciones:	Debe existir un estudio de motor.
Poscondiciones:	Se imprime el estudio de motor.
Curso alternativo:	Impresora no encontrada, el usuario es redireccionado a la selección de impresoras. Archivo en un formato no soportado? Archivo dañado?
Prototipo:	Anexos (A7).

Tabla 7: Descripción del caso de uso de sistema “Imprimir un estudio de motor”.

2.4.15 Descripción de caso de uso Calcular factibilidad económica de cambio de motores.

Caso de uso CU008 Calcular factibilidad económica de cambio de motor	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor calcular la factibilidad económica de cambio de motor.

Resumen:	
El caso de uso se inicia cuando el auditor decide calcular la factibilidad económica de cambio de motor. Se abre formulario donde se muestran los datos nominales del motor actual y los datos nominales del motor a sustituir (potencia nominal, voltaje nominal, corriente nominal, factor de potencia nominal, eficiencia nominal, velocidad sincrónica, velocidad nominal, diseño, norma por la que se estampa chapa, conexión del devanado, clase de aislamiento), así como los datos necesarios para el análisis económico (precio de la energía, precio de la demanda contratada, inflación de la energía, impuestos sobre las ganancias, interés bancario, meses de operación al año, tiempo de operación anual en horas, margen de riesgo, vida útil de la inversión). El caso de uso culmina con la visualización de los resultados del cálculo de factibilidad (ahorro de la energía en pesos, ahorro de la demanda máxima, ahorro total, flujo descontado acumulado en pesos).	
Referencias:	R8.
Precondiciones:	-
Poscondiciones:	Se calcula la factibilidad económica.
Cursos alternos:	Datos cargados correctamente? Se muestra la pantalla principal y se le pide que revise los datos.
Prototipo:	Anexos (A8).

Tabla 8: Descripción del caso de uso de sistema “Calcular factibilidad económica de cambio de motor”.

2.4.16 Descripción del caso de uso Imprimir Resultados de Factibilidad.

Caso de uso CU009 Imprimir resultados de factibilidad	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor imprimir los resultados de factibilidad.
Resumen:	
El caso de uso se inicia cuando el auditor decide imprimir los resultados del cálculo de factibilidad de cambio de motor. Se abre un diálogo donde se muestra lo que se está imprimiendo. El caso de uso culmina con la impresión de los resultados de factibilidad.	
Referencias:	R9.
Precondiciones:	Se haya realizado un estudio de factibilidad.

Poscondiciones:	Se imprimen los resultados de factibilidad.
Cursos alternos:	Impresora no encontrada, el usuario es redireccionado a la selección de impresoras. Archivo en un formato no soportado? Archivo dañado? Es mandado a la pantalla principal.
Prototipo:	Anexos (A9).

Tabla 9: Descripción del caso de uso de sistema “Imprimir resultados de factibilidad”.

2.4.17 Descripción del Caso de Uso Registrar datos de consulta de estudio de motor

Caso de uso	CU0010-01 Registrar datos de consulta de estudio de motor existente
Actores:	Auditor.

Propósito:	Permite al auditor registrar datos de consulta de estudio de motor.
Resumen:	<p>El caso de uso se inicia cuando el auditor decide registrar datos ya sean datos actuales o bien desde un archivo guardado, de manera persistente en el registro del sistema. Los datos que se mostrarán en esta ventana son: datos del motor, codificación del motor, tipo de carga; datos de la empresa, nombre de la empresa, departamento y proceso; fecha en la que se realizará el proceso de registrar; datos del contacto, nombre, teléfono y correo electrónico. El caso de uso culmina con la aceptación o la denegación del auditor de registrar los datos de consulta de estudio de motor.</p>
Referencias:	R10.1
Precondiciones:	Se haya realizado un estudio de motor.
Poscondiciones:	Se registran los datos de consulta de estudio de motor.
Cursos alternos:	-En el caso que se deseen guardar datos que ya existen en el registro, muestra un diálogo con una advertencia de que el estudio de motor ya existe, en caso contrario se muestra una ventana con datos del contacto que llevará a cabo el proceso de guardar los datos.
Prototipo:	Anexos (A10.1).

Tabla 10.1: Descripción del caso de uso de sistema “Cargar datos de consulta del motor guardado”.

2.4.18 Descripción de casos de uso Cargar datos de consulta de estudio de motor.

Caso de uso CU0010-02 Cargar datos de consulta de estudio de motor guardado	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor registrar datos de consulta de estudio de motor desde un archivo guardado.
Resumen:	
<p>El caso de uso se inicia cuando el auditor decide registrar datos ya sean datos desde un archivo guardado, de manera persistente en el registro del sistema. Se abre una ventana que muestra el directorio de la unidad almacenamiento y se procede a buscar el archivo que va a ser guardado. Una vez seleccionado, el estudio de motor quedará registrado automáticamente mostrando un mensaje de confirmación. El caso de uso culmina con la aceptación o la denegación del auditor de registrar los datos de consulta de estudio de motor.</p>	
Referencias:	R10.2
Precondiciones:	Se haya realizado un estudio de motor.
Poscondiciones:	Se registran los datos de consulta de estudio de motor.

Cursos alternos:	
Prototipo:	Anexos (A10.2).

Tabla 10.2: Descripción del caso de uso de sistema “Cargar datos de consulta del motor guardado”.

2.4.19 Descripción de casos Mostarr resumen para la toma de decisiones.

Caso de uso CU0011 Mostrar resumen para la toma de decisiones	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Mostrar resumen para la toma de decisiones.
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el auditor decide consultar la hoja que tiene los resúmenes por los cuales se guiará para la toma de decisiones en la etapa preliminar. El caso de uso termina con la muestra de todos los resúmenes necesarios.
Referencias:	R11.
Precondiciones:	Se haya realizado un estudio de motor.
Poscondiciones:	Se registran los datos de consulta de estudio de motor.
Cursos alternos:	
Prototipo:	Anexos (A11).

Tabla 11: Descripción del caso de uso de sistema “Mostrar resumen para la toma de decisiones”.

2.4.20 Descripción de caso de uso Mostarr Temas de Ayuda.

Caso de uso CU0012 Mostrar temas de ayuda	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor mostrar temas de ayuda.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el auditor decide consultar los temas de ayuda. En caso que el especialista necesite una mayor comprensión del sistema, en esta opción encontrará las principales funcionalidades que brinda el mismo. El caso de uso culmina con la muestra de los temas de ayuda.	
Referencias:	R12.
Precondiciones:	-
Poscondiciones:	Se muestran los temas de ayuda.
Cursos alternos:	-
Prototipo:	Anexos (A12).

Tabla 12: Descripción del caso de uso de sistema “Mostrar temas de ayuda”.

2.4.21 Descripción de caso de uso Mostrar Información del sistema.

Caso de uso CU0013 Mostrar información del sistema	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al auditor mostrar una breve información del sistema.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el auditor decide consultar la información del sistema. En caso que el especialista necesite una breve descripción del sistema, en esta opción encontrará: nombre del sistema, versión del sistema, año de realización, nombre del centro donde se desarrolló y una breve descripción de sus funcionalidades. El caso de uso culmina con la muestra de información del sistema.	
Referencias:	R13.
Precondiciones:	-
Poscondiciones:	Se muestran la información del sistema.

Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Anexos(A13)

Tabla 13: Descripción del caso de uso de sistema “Mostrar información del sistema”.

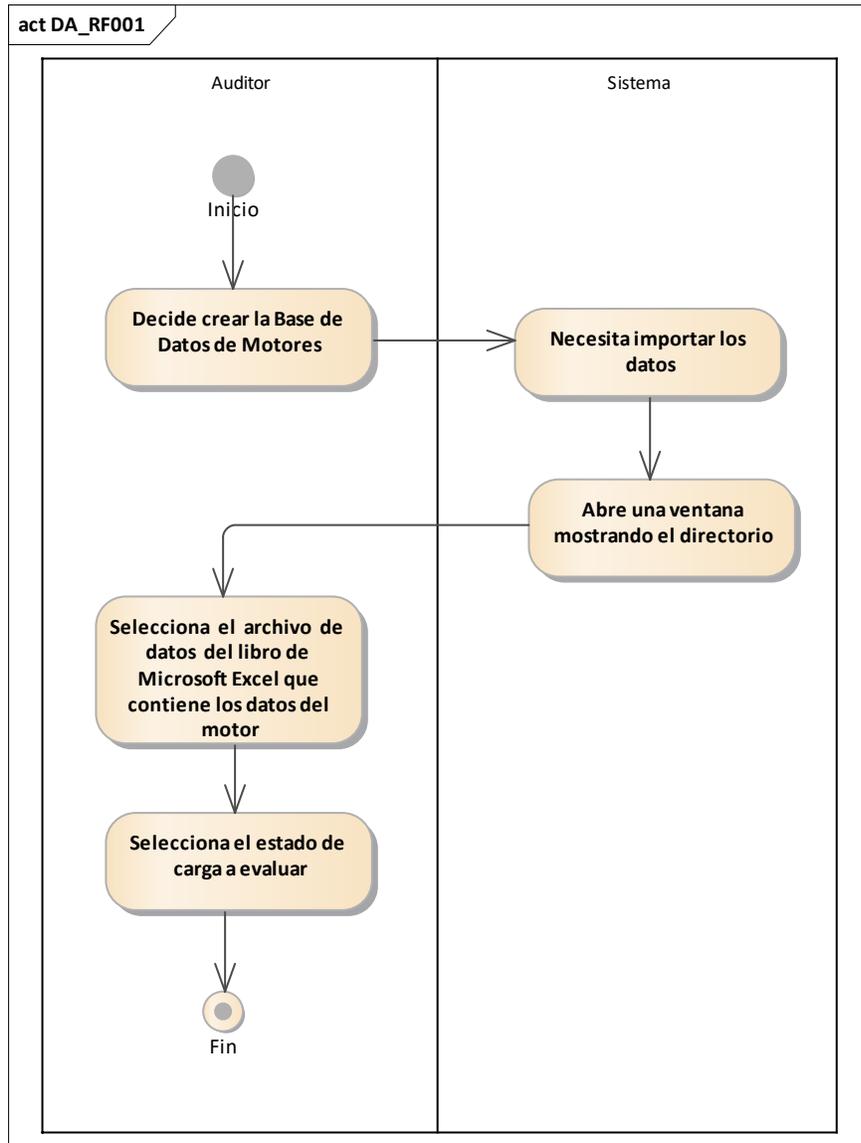
2.4.22 Descripción del caso de uso de sistema Salir de la aplicación.

Caso de uso CU0014 Salir de la aplicación	
Actores:	Auditor.
Propósito:	Permite al Auditor salir del sistema.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el especialista decide salir del sistema. Se muestra un diálogo donde se solicita confirmación para salir del sistema. El caso de uso culmina con la salida del sistema.	
Referencias:	R14.
Precondiciones:	-
Poscondiciones:	Se sale del sistema.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Anexos (A14).

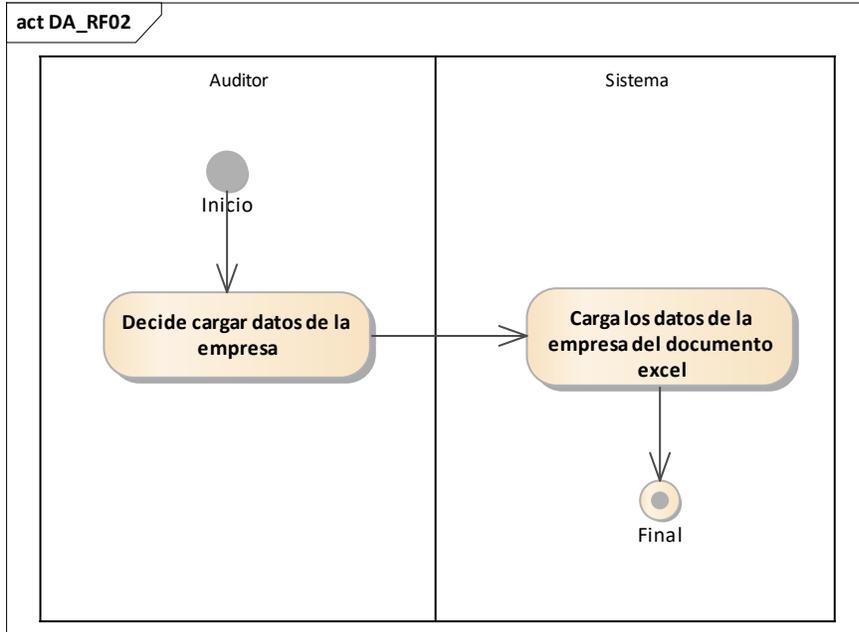
Tabla 14: Descripción del caso de uso de sistema “Salir del sistema”.

2.5 Diagramas de actividades del negocio:

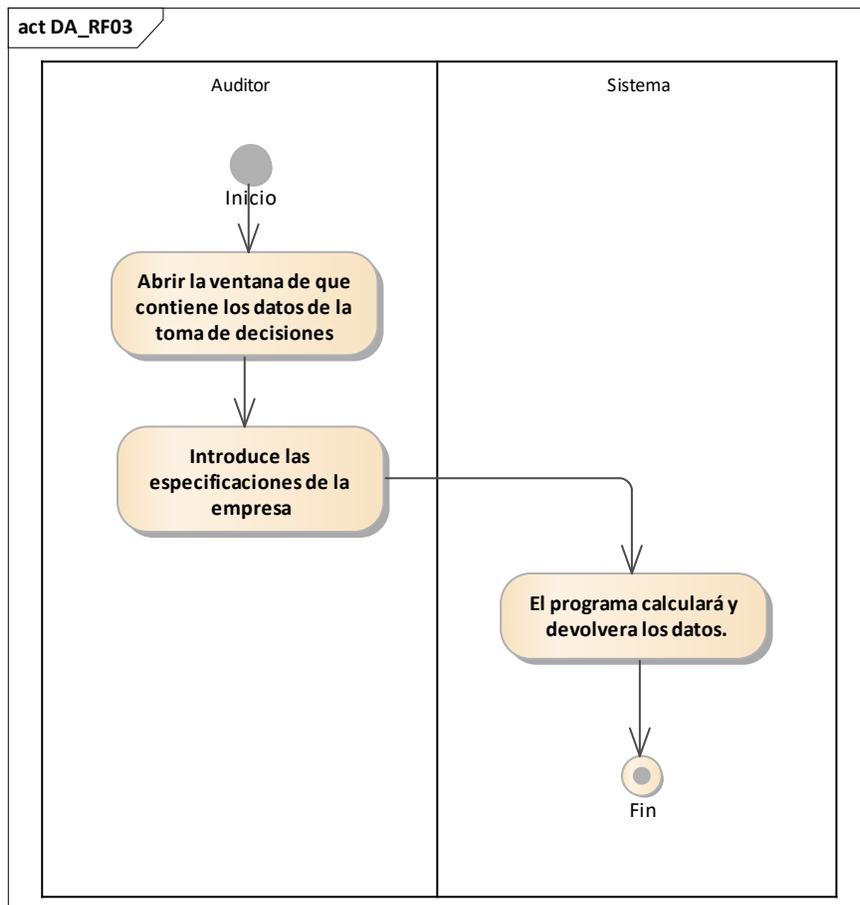
2.5.1 Diagrama de actividad Nueva Base de datos de Motores.



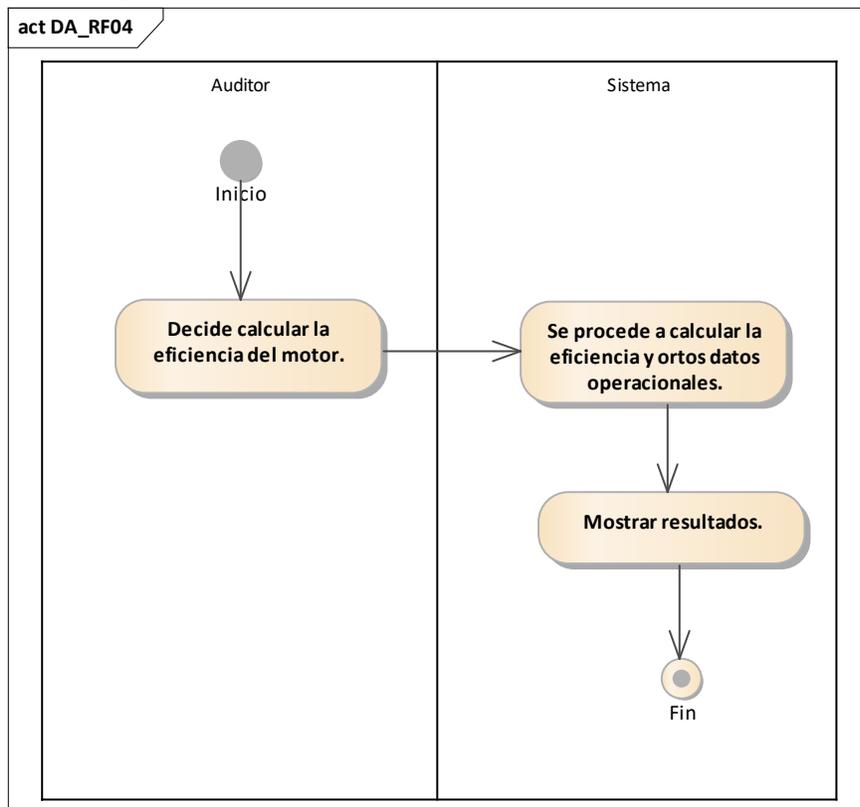
2.5.2 Diagrama de actividad Generalidades de la empresa.



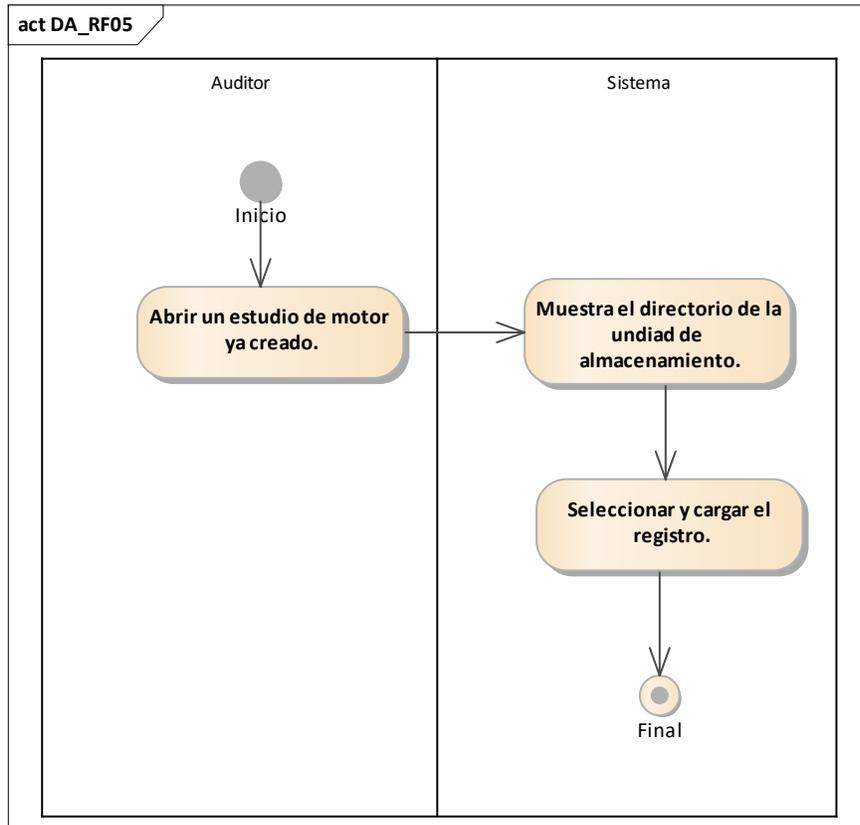
2.5.3 Diagrama de actividad Especificaciones de la empresa.



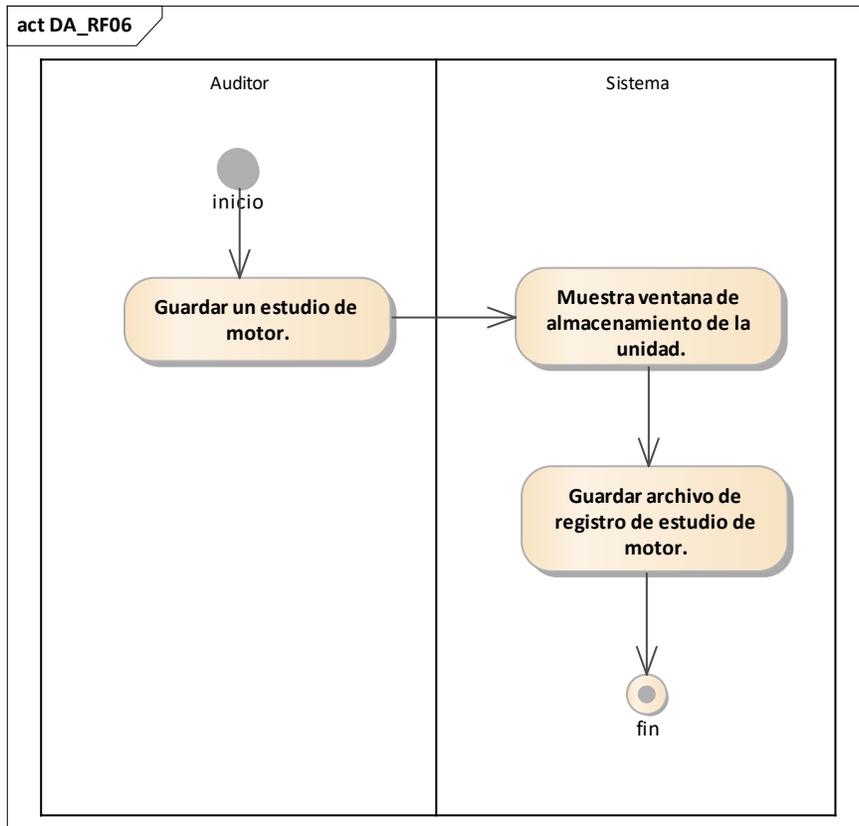
2.5.4 Diagrama de actividad Realizar Cálculo de eficiencia.



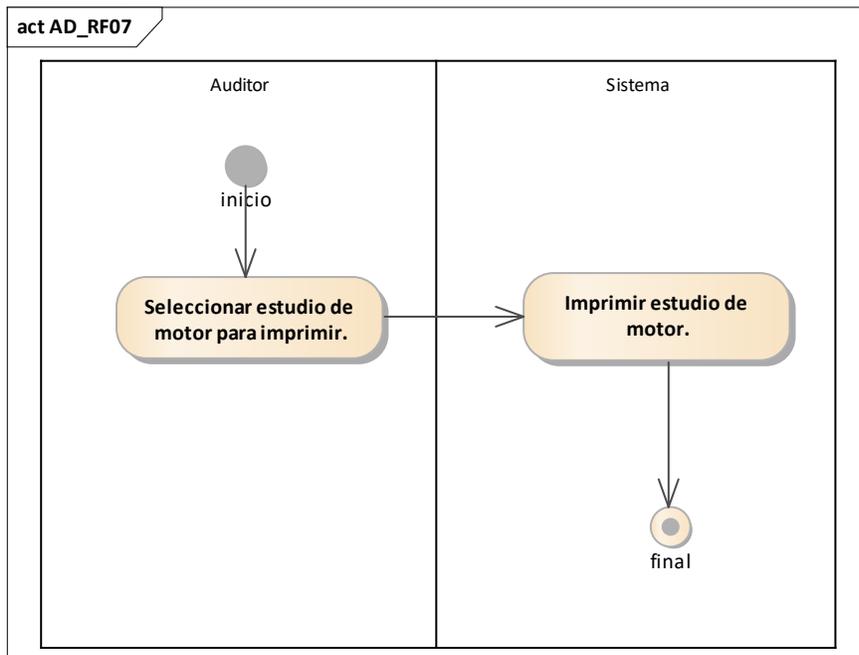
2.5.5 Diagrama de actividad Cargar Estudio de Motor



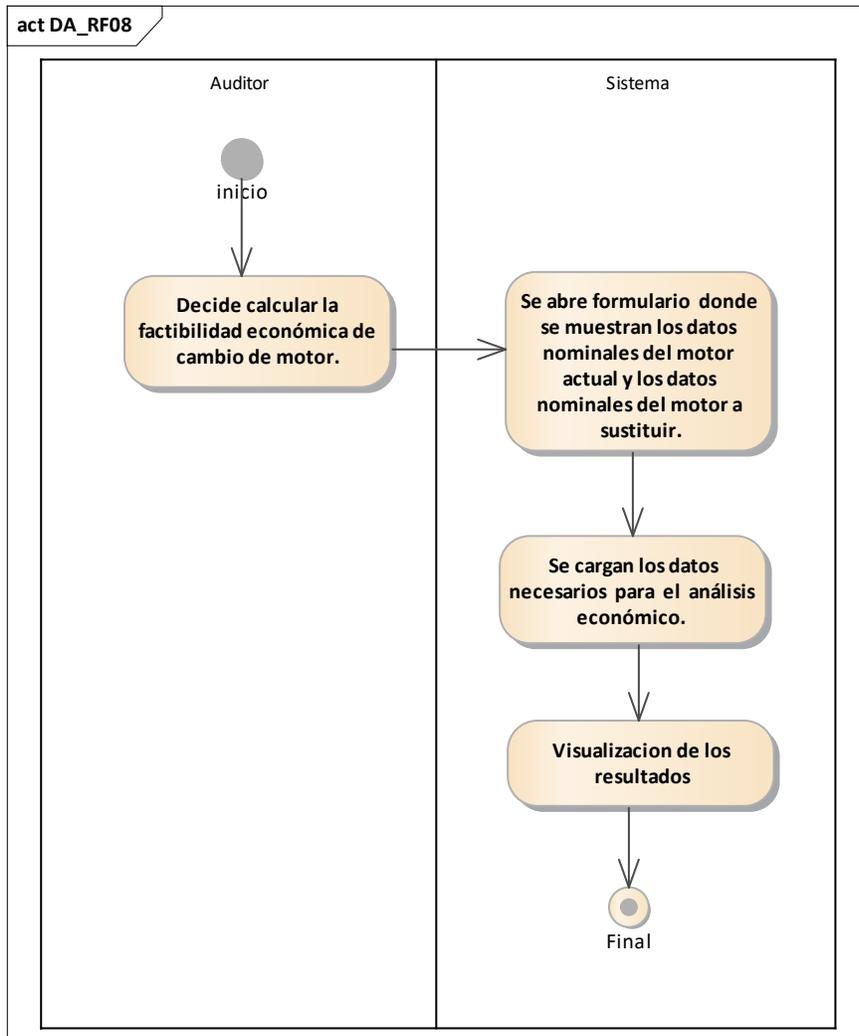
2.5.6 Diagrama de Actividad Guardar un estudio de Motor.



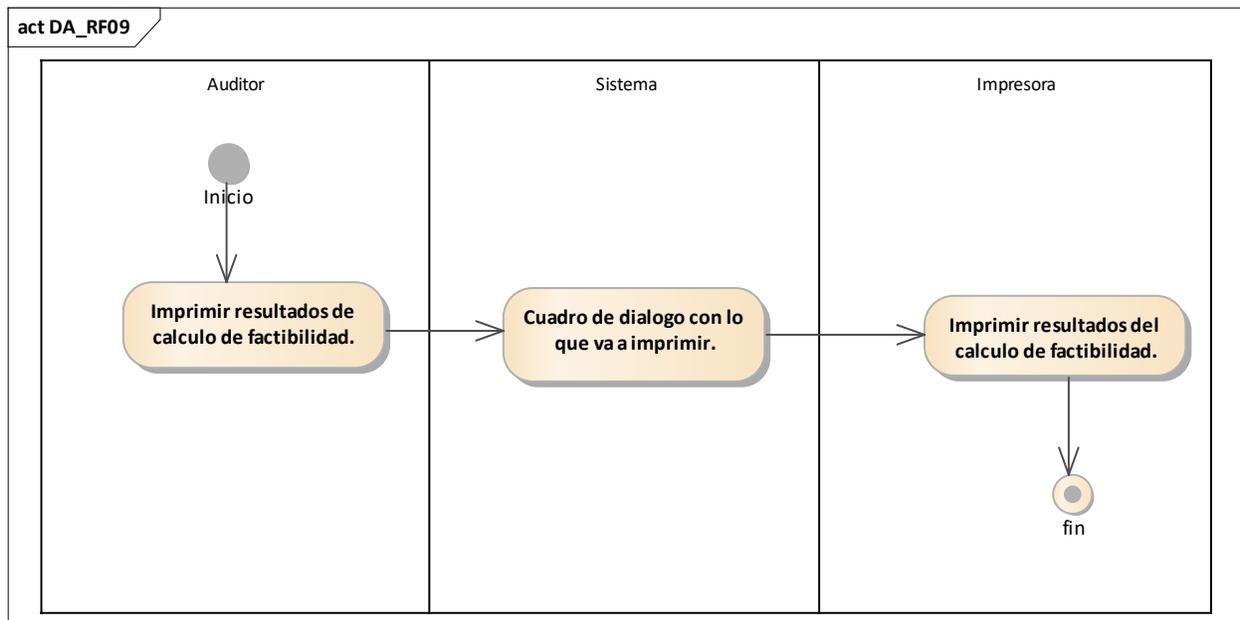
2.5.7 Diagrama de actividad Imprimir un estudio de motor.



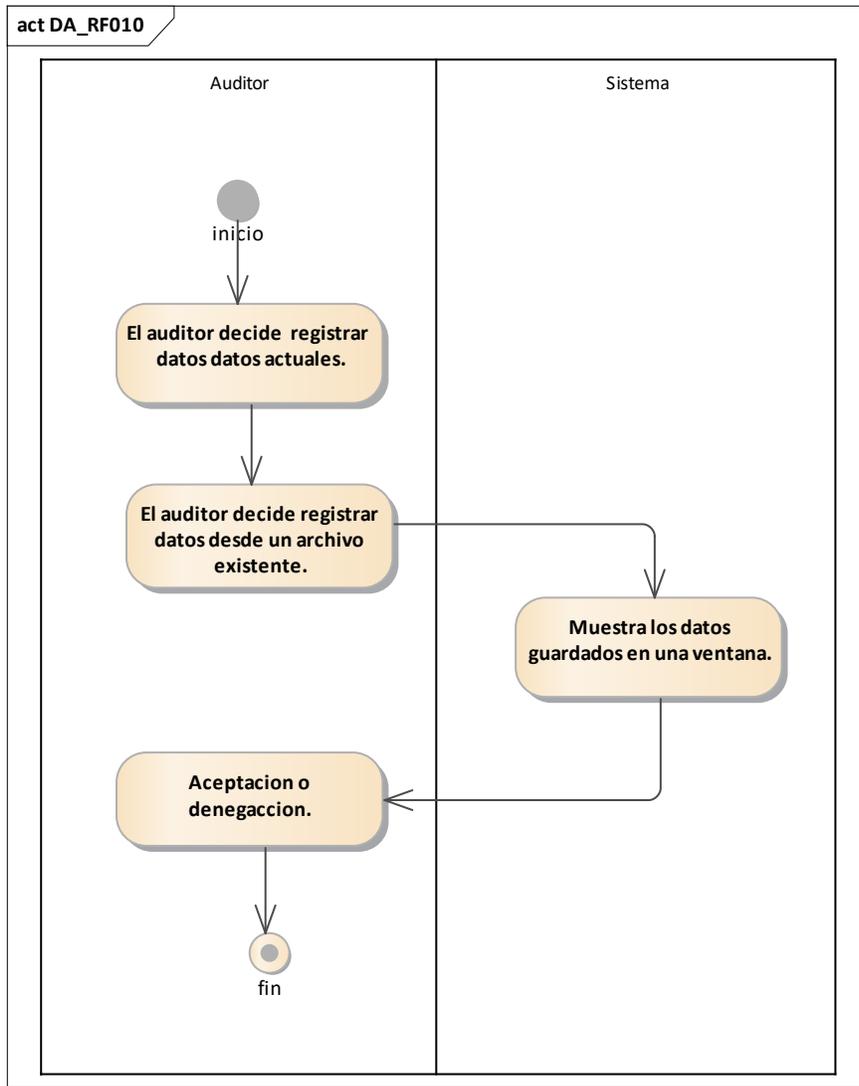
2.5.8 Diagrama de actividad Cálculo de Factibilidad.



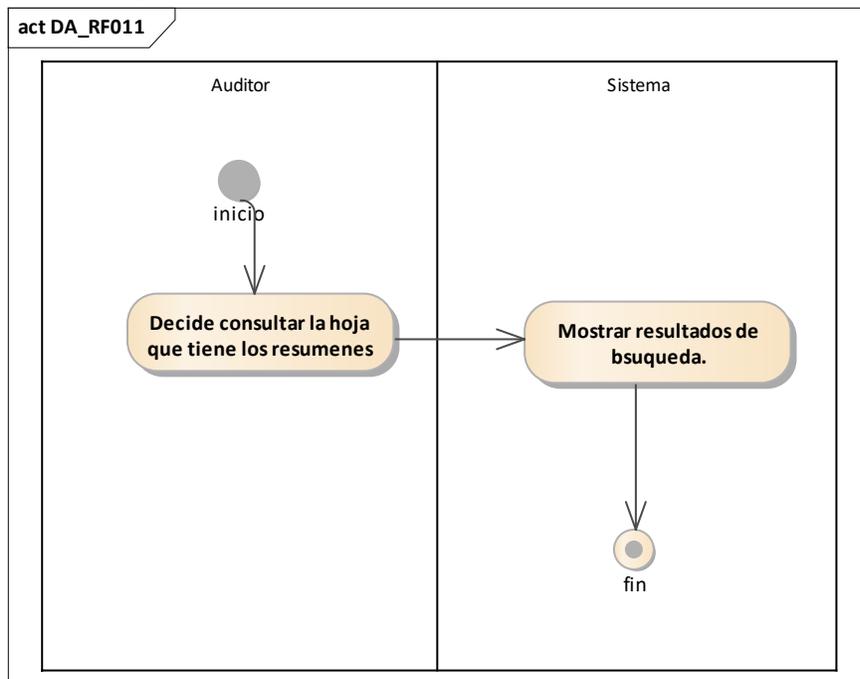
2.5.9 Diagrama de actividad Imprimir Resultados de Factibilidad.



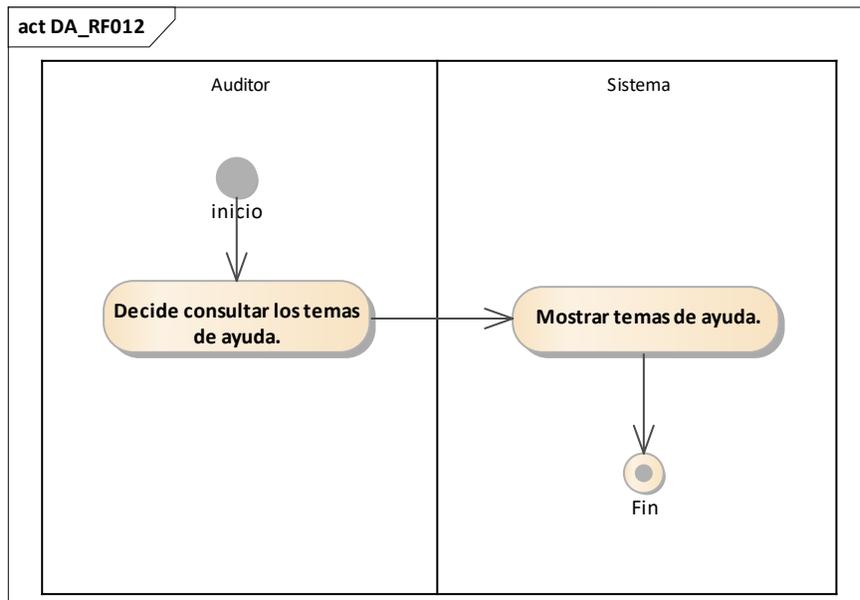
2.5.10 Diagrama de actividad Registrar Datos de Consulta de Estudio de Motor.



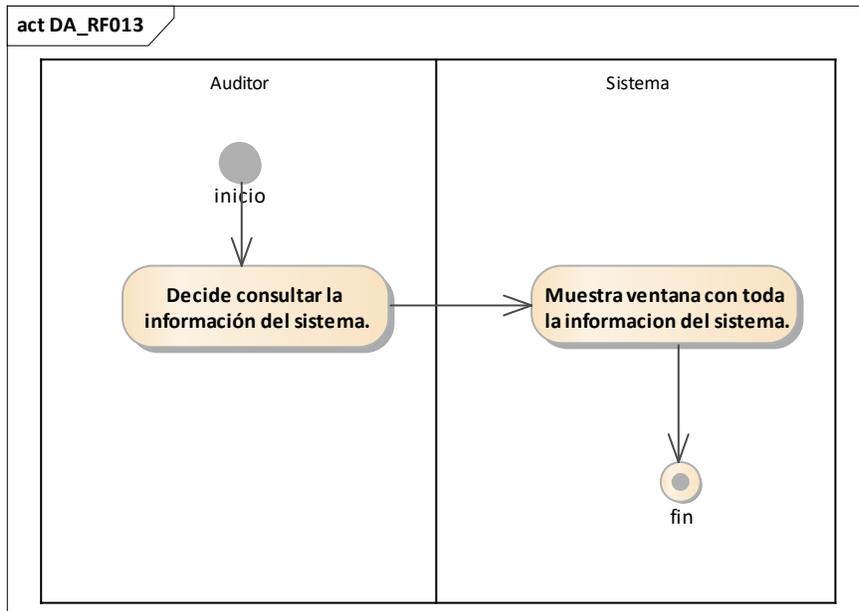
2.5.11 Diagrama de Actividad Mostrar Resumen para la toma de decisiones.



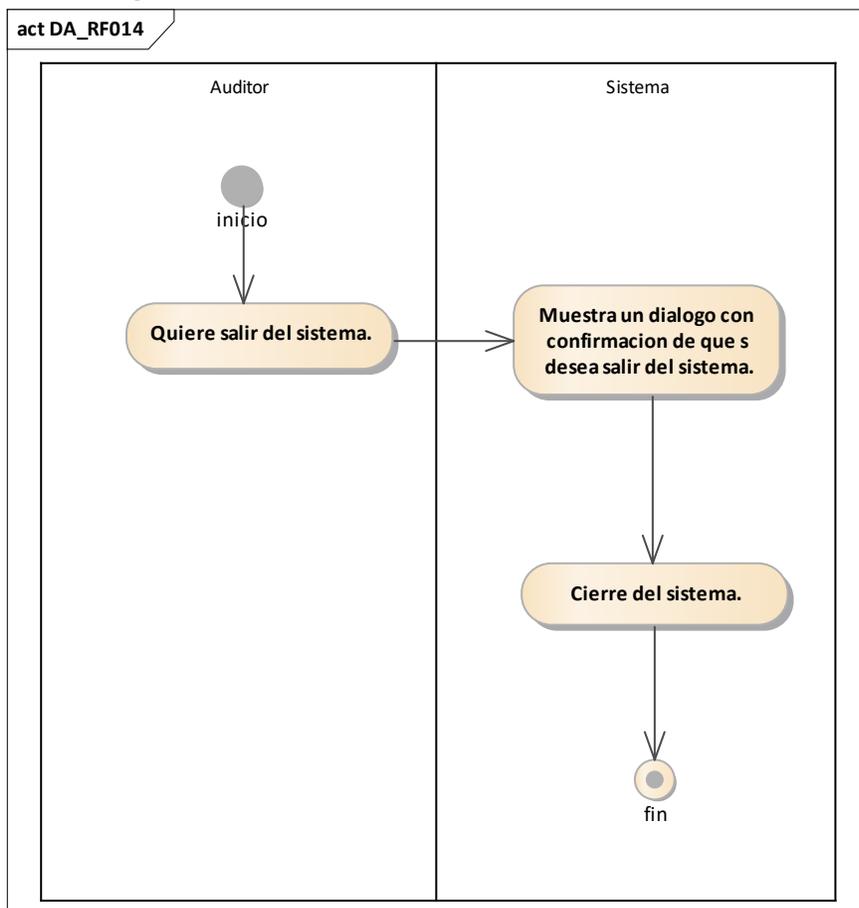
2.5.12 Diagrama de Actividad Mostrar Temas de Ayuda.



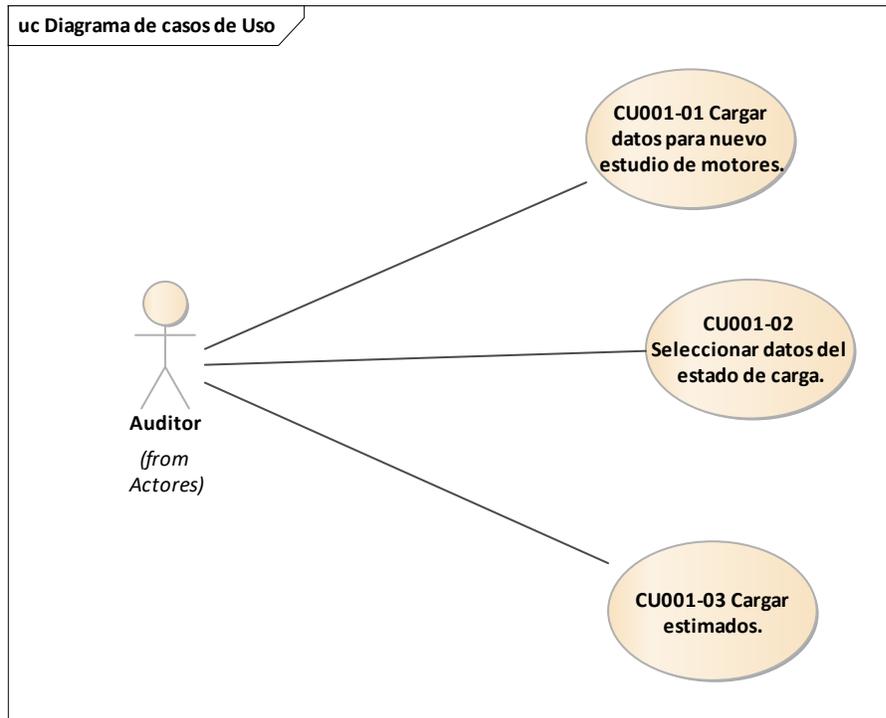
2.5.13 Diagrama de actividad Mostrar Información del Sistema.



2.5.14 Diagrama de Actividad Salir del Sistema.



2.6 Análisis de Robustez



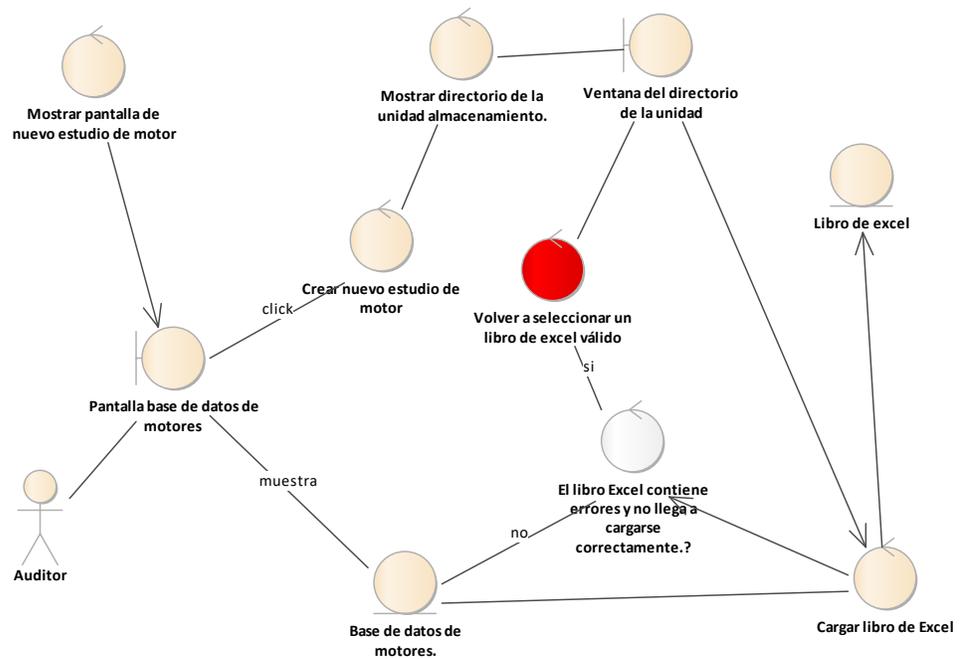
2.6.1 Diagrama de Robustez Cargar datos para nuevo estudio de motores.

analysis CU001-01 Cargar datos para nuevo estudio de motores.

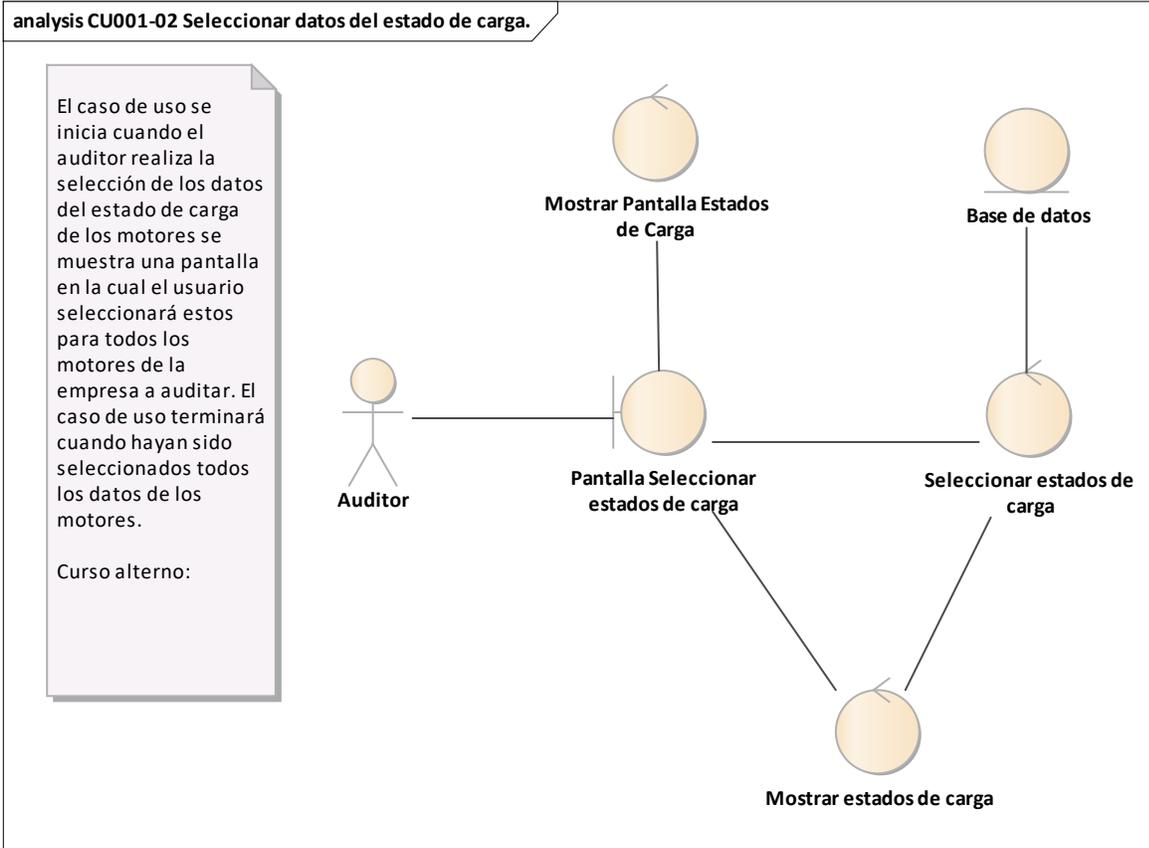
- El caso de uso se inicia cuando el auditor decide crear una base de datos de motores, va a la pantalla de la creación del nuevo estudio de motor. El sistema la muestra, necesita importar los datos, se abre una ventana que muestra el directorio de la unidad almacenamiento, selecciona el archivo de datos del libro de Microsoft Excel que contiene los datos del motor. Identifica los datos con las variables del motor (datos de chapa del motor); su potencia de carga nominal(kW), Velocidad de rotación(rpm), tensión nominal(V), corriente nominal(A), eficiencia nominal(%), factor de carga medio(%), clase de eficiencia(IEC), año de fabricación, edad(años), tiempo de operación anual(horas), veces que ha sido rebobinado, dispone variador de velocidad(si/no). Selecciona el estado de carga a evaluar. El caso de uso culmina con la confirmación del especialista.

Cursos alternos:

- El libro Excel puede contener errores y no llegar a cargarse correctamente.
- No se introducen los datos obligatorio, el auditor debe volver a revisar por la falta de estos.
- Existen datos especificados de manera incorrecta, puede ser un error de la empresa o del auditor.



2.6.2 Diagrama de Robustez Seleccionar datos del estado de carga.

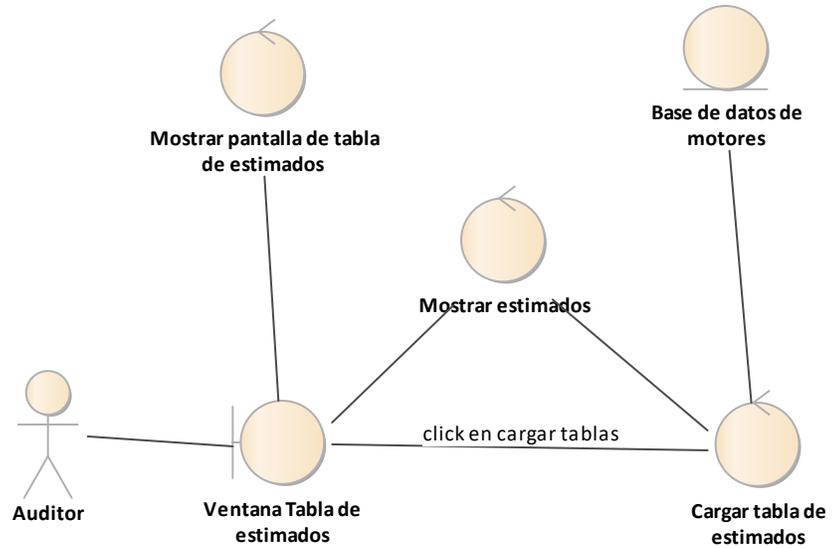


2.6.3 Diagrama de Robustez Cargar Estimados.

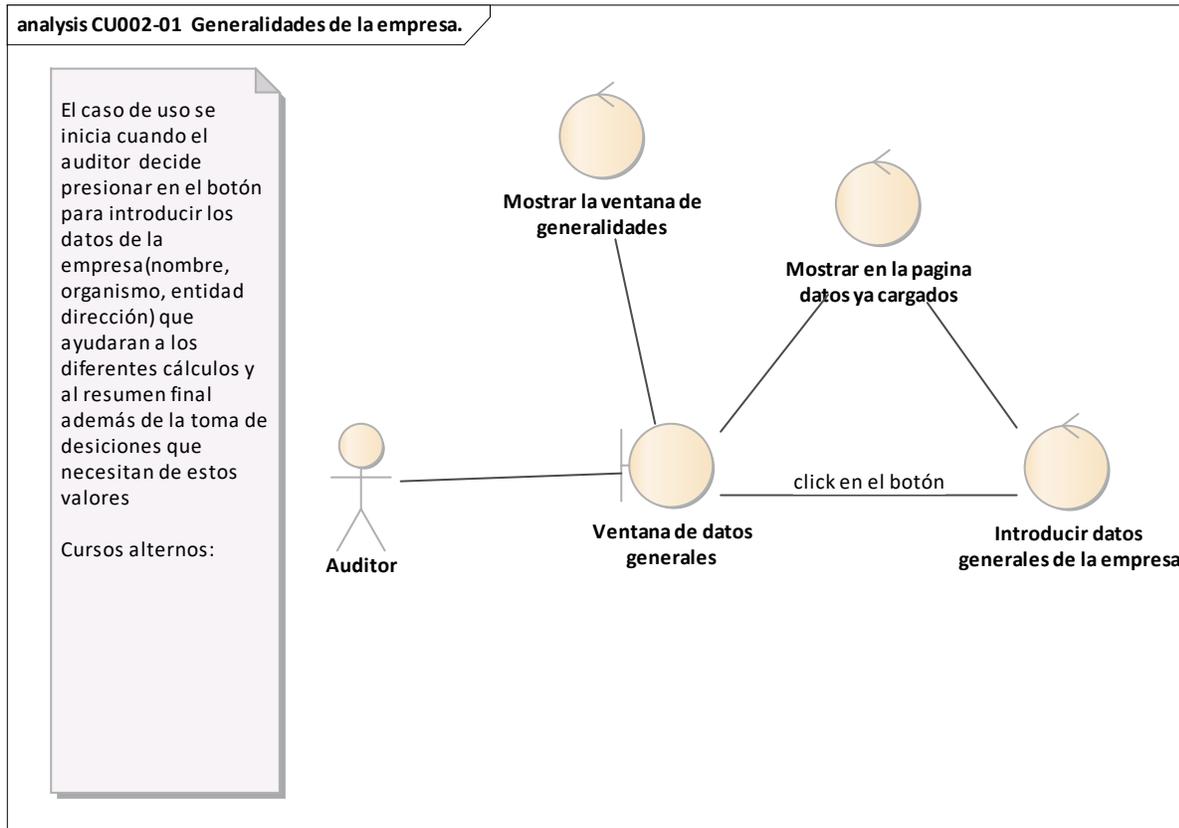
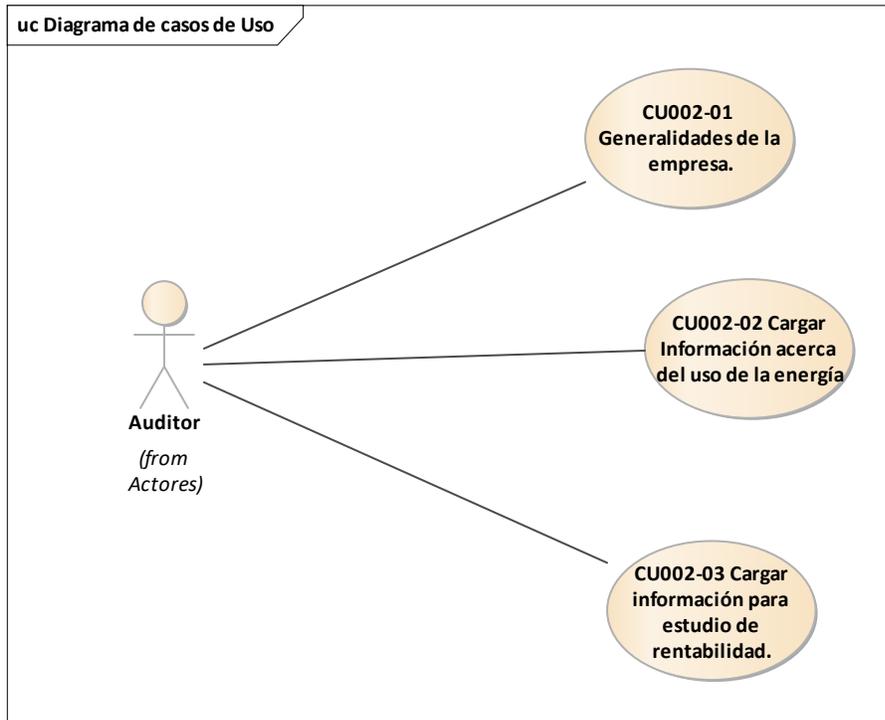
analysis CU001-03 Cargar estimados.

El caso de uso se inicia cuando el auditor presiona en el botón de carga de estimados (eficiencia operacional, consumo designado, potencial de ahorro durante la vida útil). El programa se los mostrará en una tabla bien organizados para cada motor. El caso de uso terminará cuando haya obtenido todos los datos de las estimaciones.

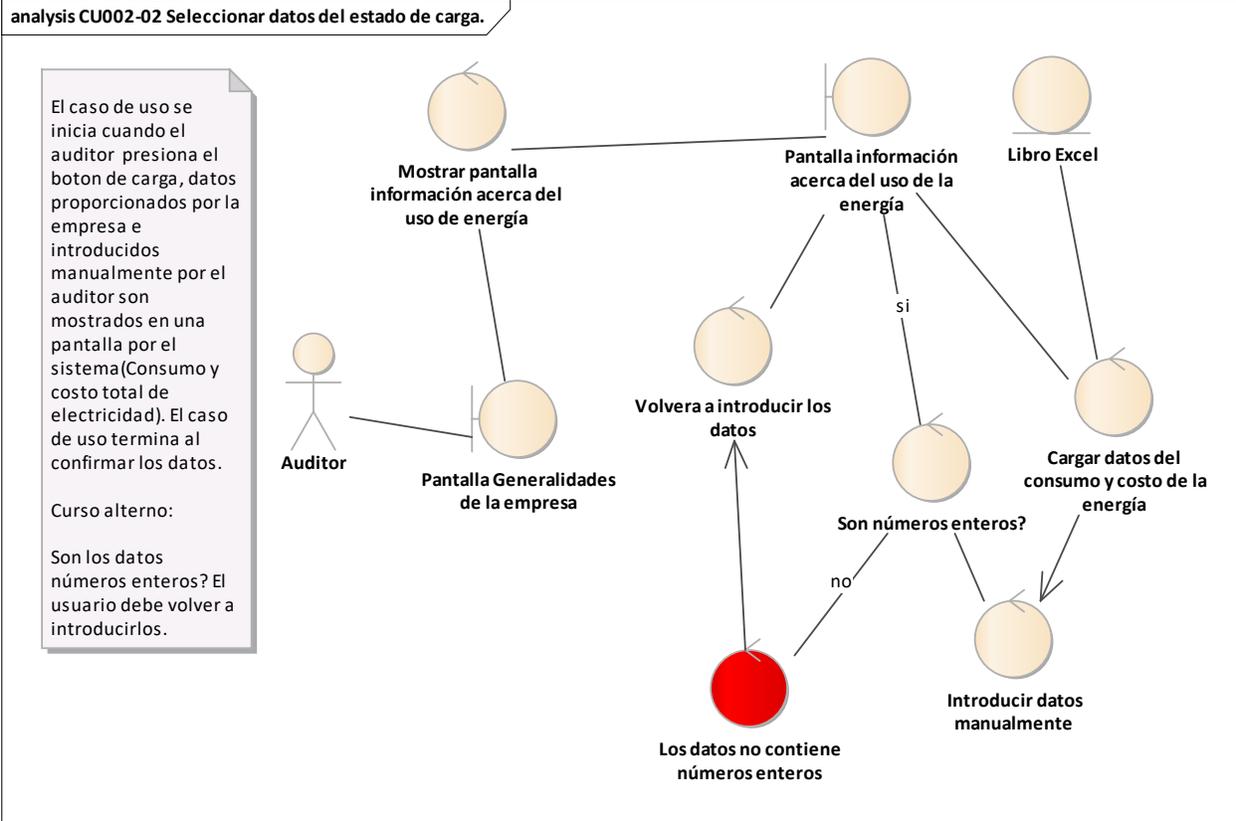
Cursos alternos:



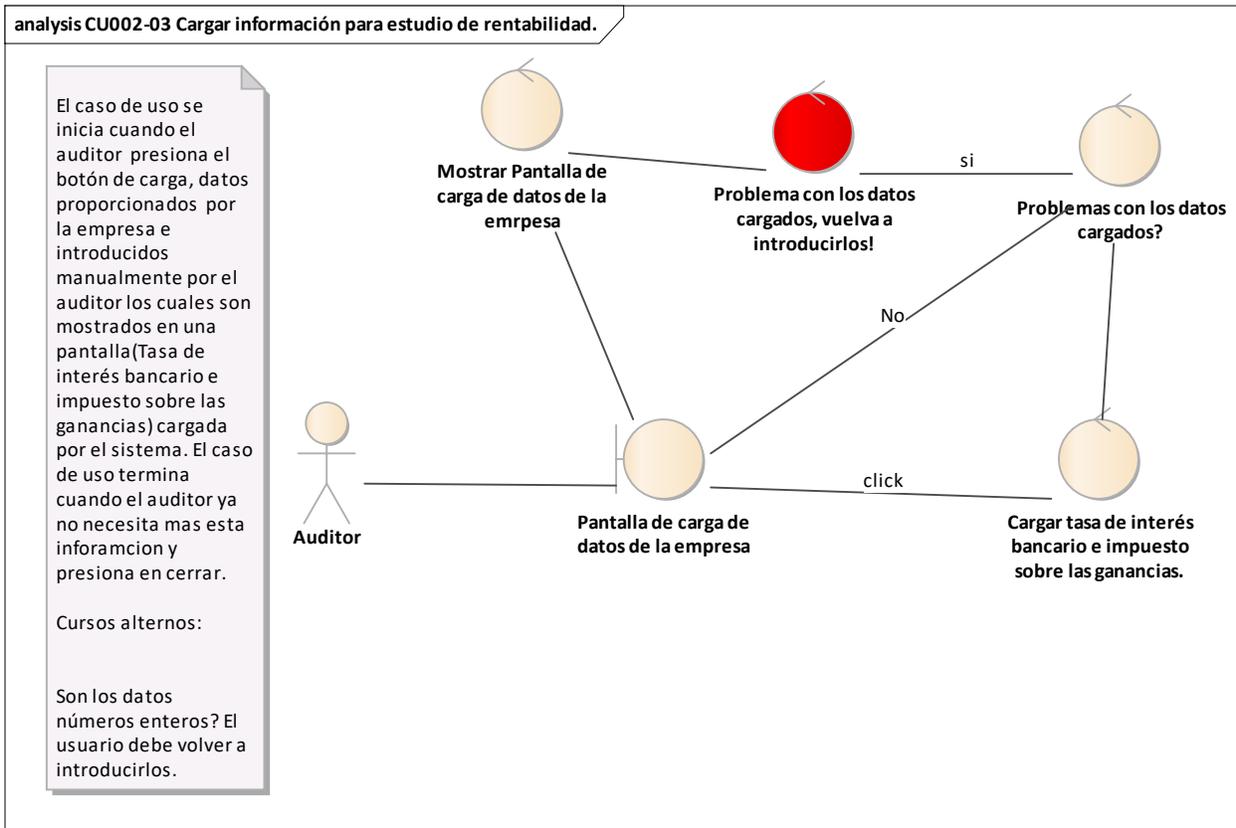
2.6.4 Diagrama de Robustez Generalidades de la Empresa.



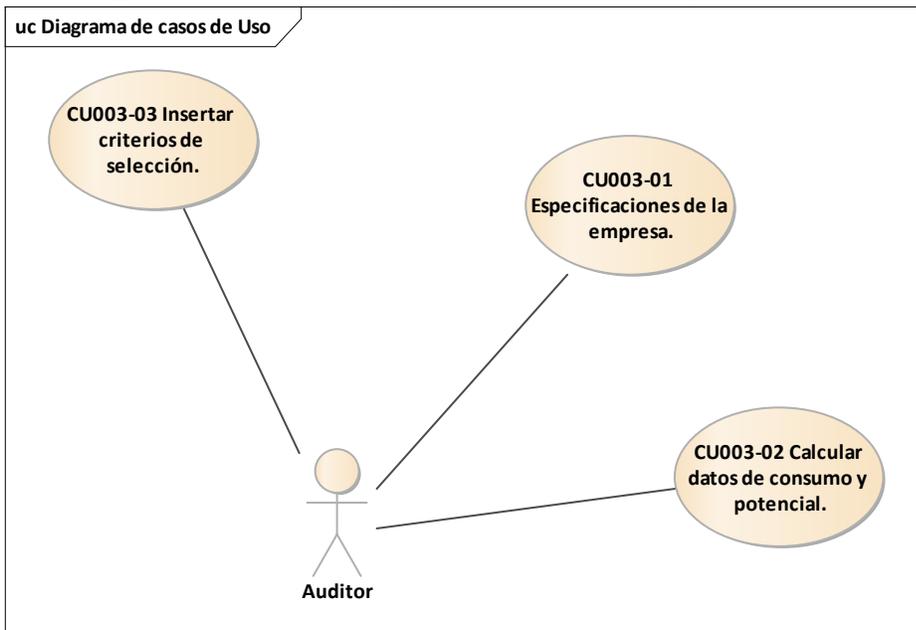
2.6.5 Diagrama de Robustez Seleccionar datos del estado de carga.



2.6.6 Diagrama de Robustez Cargar Información para estudio de Rentabilidad.



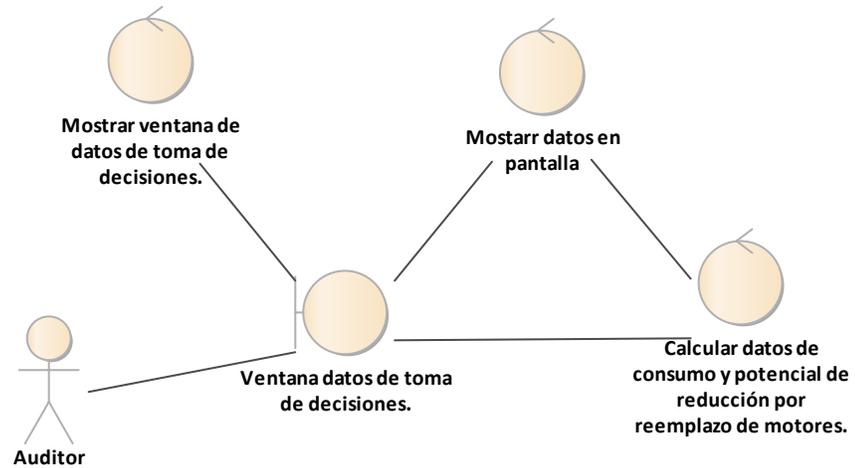
2.6.7 Diagrama de Robustez Especificaciones de la Empresa.



analysis CU003-01 Especificaciones de la empresa.

El caso de uso se inicia cuando el auditor decide abrir la ventana de que contiene los datos de la toma de decisiones , introduce las especificaciones de la empresa (consumo debido a motores, número de motores instalados y motores seleccionados), el programa calculará los datos. El caso de uso termina cuando el usuario ya introdujo todos estos datos para ser almacenados por el programa.

Cursos alternos:

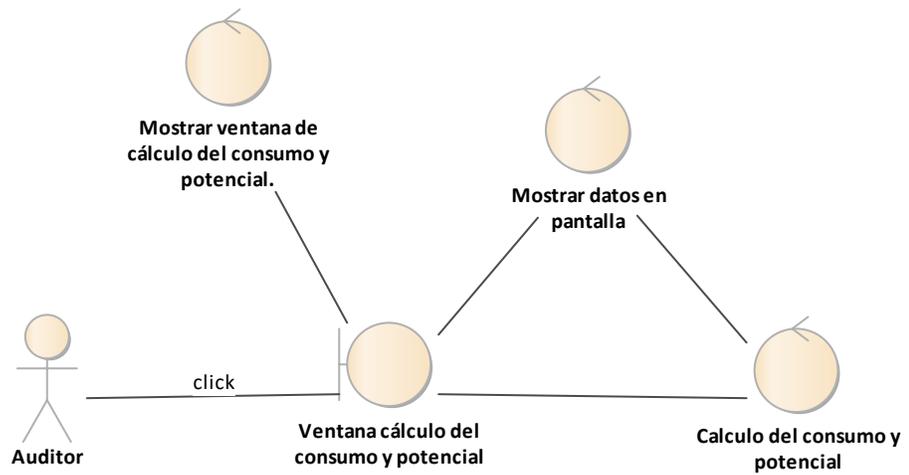


2.6.8 Diagrama de Robustez Calcular datos de consumo y potencial.

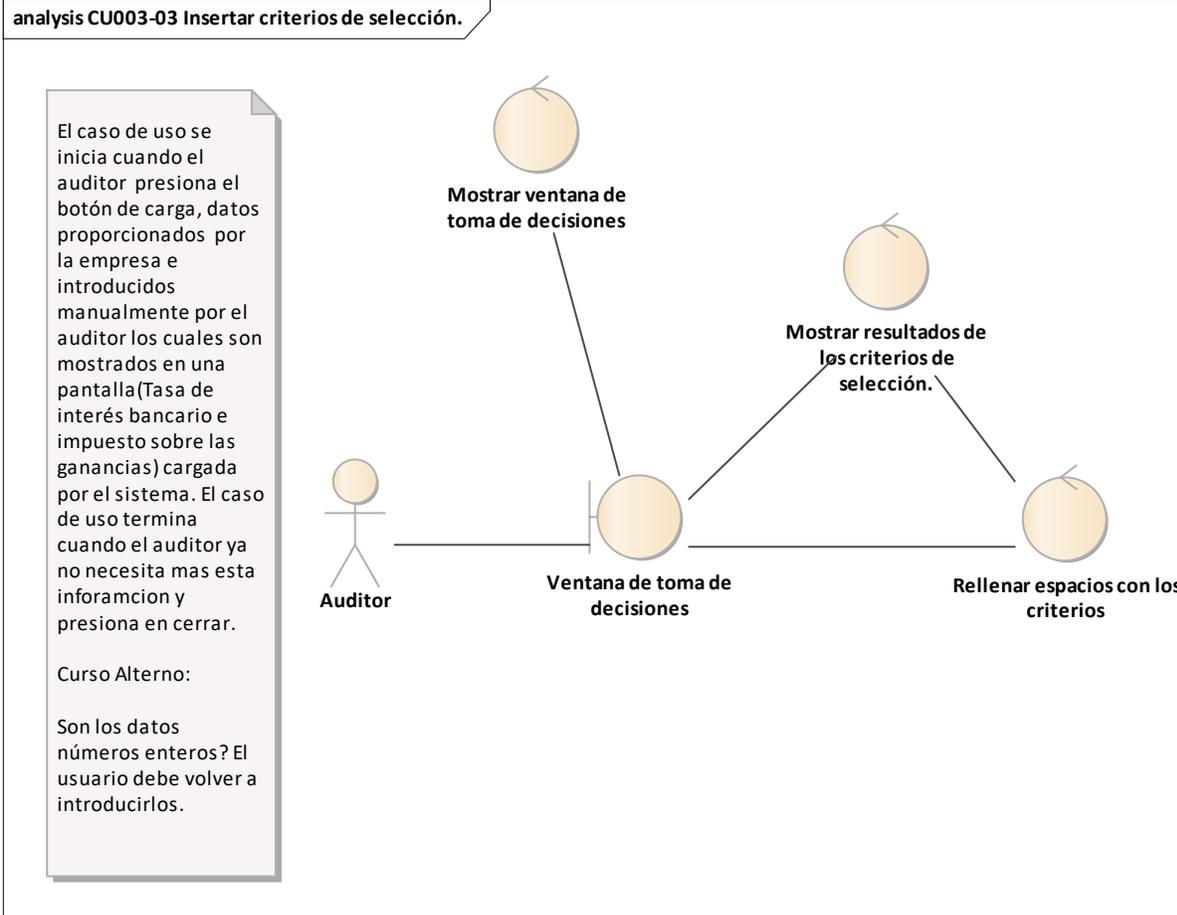
analysis CU003-02 Calcular datos de consumo y potencial.

El caso de uso se inicia cuando el auditor decide abrir la ventana que calculará el consumo y potencial de reducción por reemplazo de motores. Entonces el programa procede a calcular estos valores y se lo devuelve a usuario en una interfaz amigable. El caso de uso termina cuando el usuario tiene en su visión todos estos datos ya cargados.

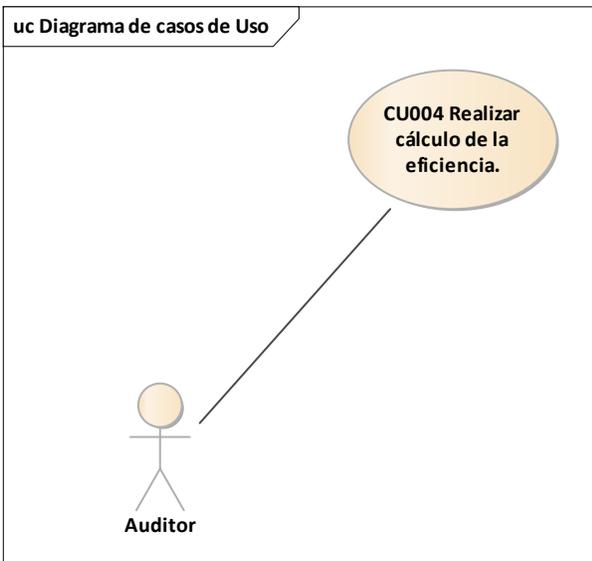
Curso alternativo:



2.6.9 Diagrama de Robustez Insertar Criterios de Selección.



2.6.10 Diagrama de Robustez Realizar Cálculo de la eficiencia.

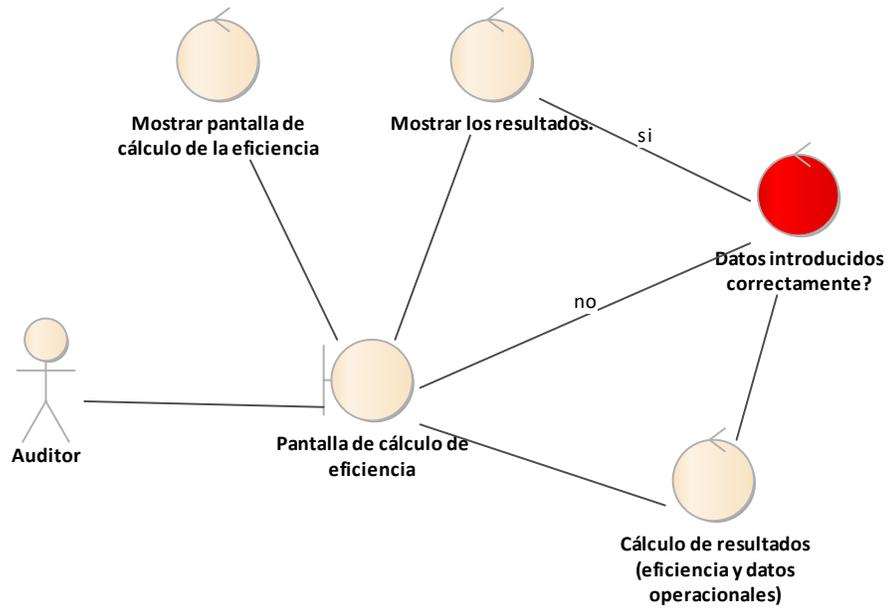


analysis CU004 Realizar cálculo de la eficiencia.

El caso de uso se inicia cuando el especialista decide calcular la eficiencia del motor. Se procede a calcular los resultados, obteniendo la eficiencia y otros datos operacionales del motor. El caso de uso culmina con la muestra de los resultados.

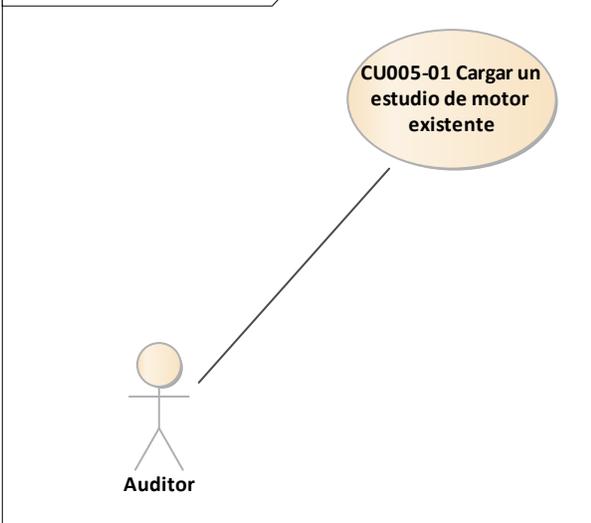
Cursos alternos:

-Están todos los datos introducidos?(el sistema muestra un mensaje y el auditor debe revisar por falta de datos)



2.6.11 Diagrama de Robustez Cargar un estudio de motor existente.

uc Diagrama de casos de Uso

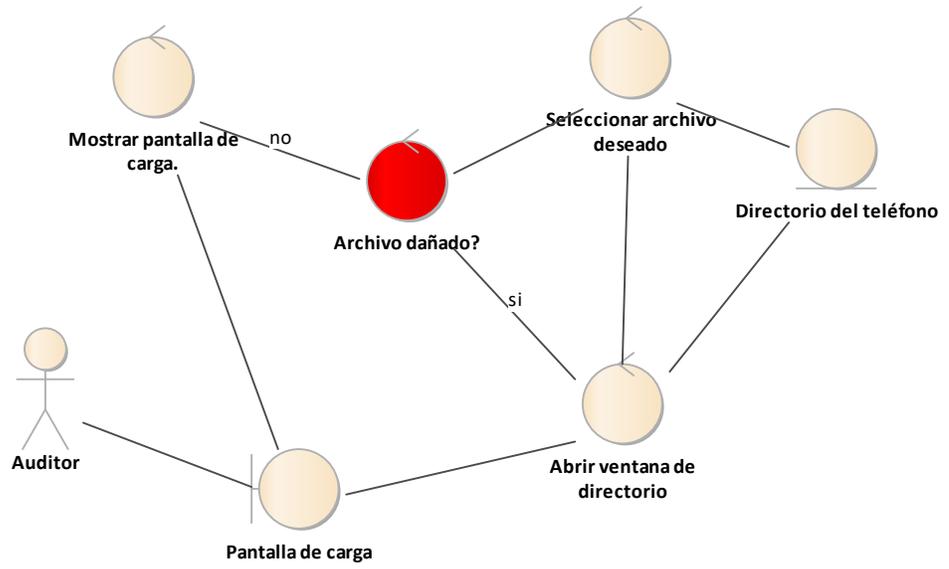


analysis CU005 Cargar un estudio de motor existente

El caso de uso se inicia cuando el especialista decide abrir un estudio de motor ya creado. Se abre una ventana que muestra el directorio de la unidad almacenamiento. Seleccionar el archivo deseado. El caso de uso culmina con la carga del archivo.

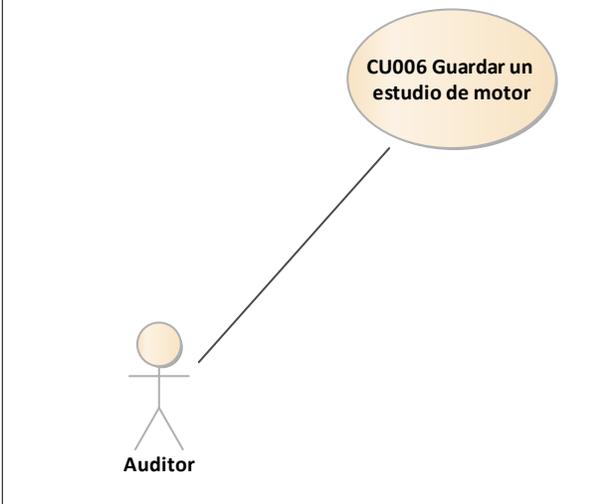
Cursos alternos:

El archivo está dañado? Se procede a que revise de nuevo el archivo o cargue uno nuevo.



2.6.12 Diagrama de Robsutez Guardar un estudio de Motor.

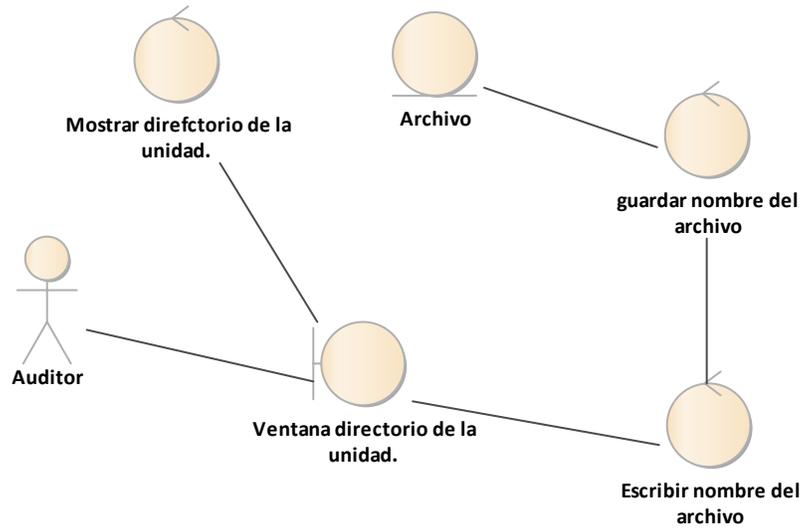
uc Diagrama de casos de Uso



analysis CU006 Guardar un estudio de motor

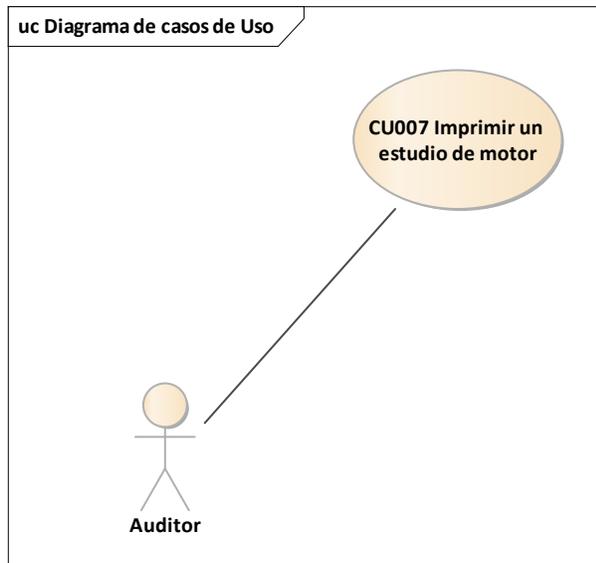
El caso de uso se inicia cuando el auditor decide guardar un estudio de motor. Se abre una ventana que muestra el directorio de la unidad almacenamiento y se procede a escribir un nombre para el archivo que va a ser guardado. El caso de uso culmina con el archivo guardado.

Cursos alternos:



2.6.13 Diagrama de Robustez Imprimir un estudio de Motor.

uc Diagrama de casos de Uso

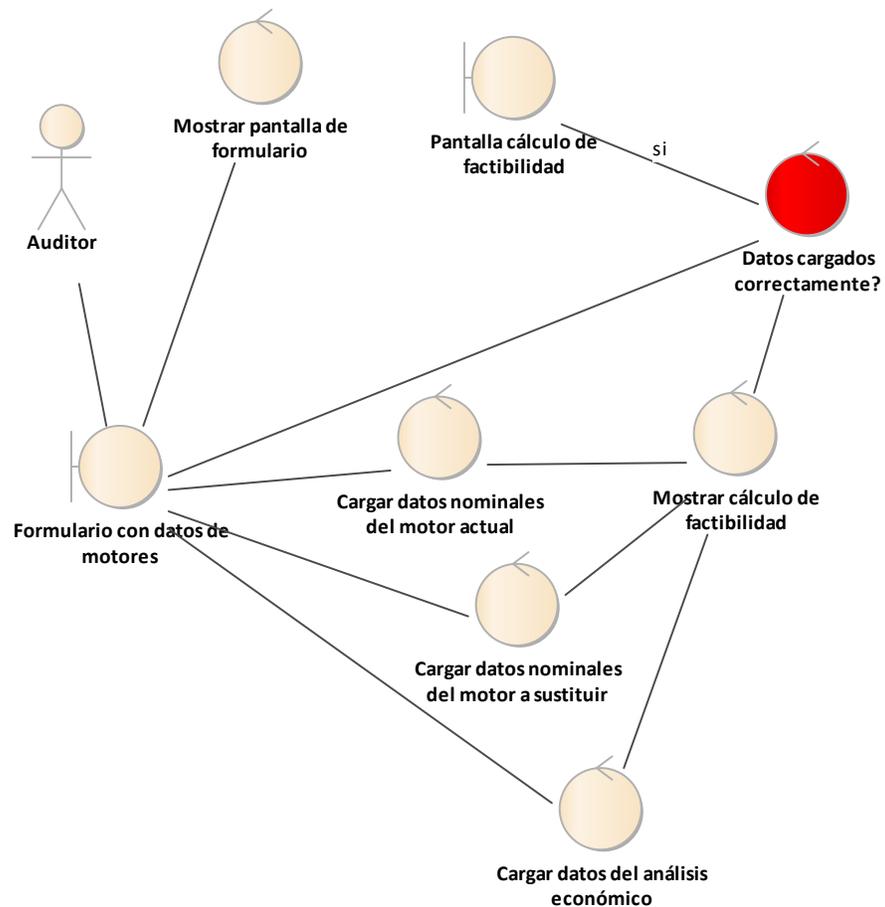


analysis CU008 Calcular factibilidad económica de cambio de motor

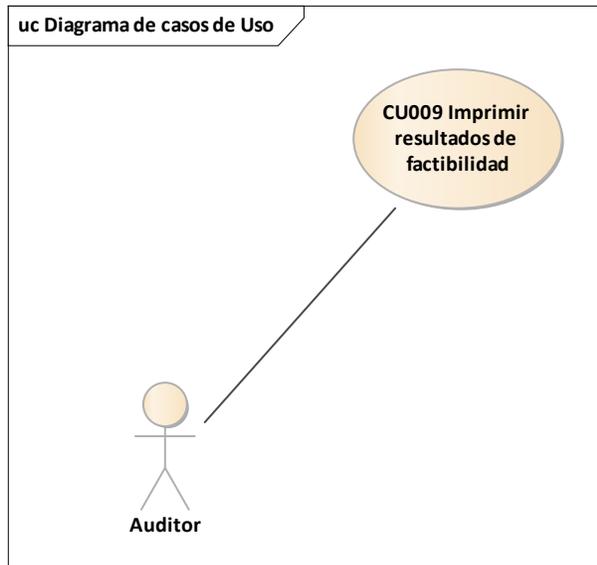
El caso de uso se inicia cuando el auditor decide calcular la factibilidad económica de cambio de motor. Se abre formulario donde se muestran los datos nominales del motor actual y los datos nominales del motor a sustituir (potencia nominal, voltaje nominal, corriente nominal, factor de potencia nominal, eficiencia nominal, velocidad sincrónica, velocidad nominal, diseño, norma por la que se estampa la chapa, conexión del devanado, clase de aislamiento), así como los datos necesarios para el análisis económico (precio de la energía, precio de la demanda contratada, inflación de la energía, impuestos sobre las ganancias, interés bancario, meses de operación al año, tiempo de operación anual en horas, margen de riesgo, vida útil de la inversión). El caso de uso culmina con la visualización de los resultados del cálculo de factibilidad (ahorro de la energía en pesos, ahorro de la demanda máxima, ahorro total, flujo descontado acumulado en pesos).

Cursos alternos:

Datos introducidos correctamente? Se muestra la pantalla principal y se le pide que revise los datos.



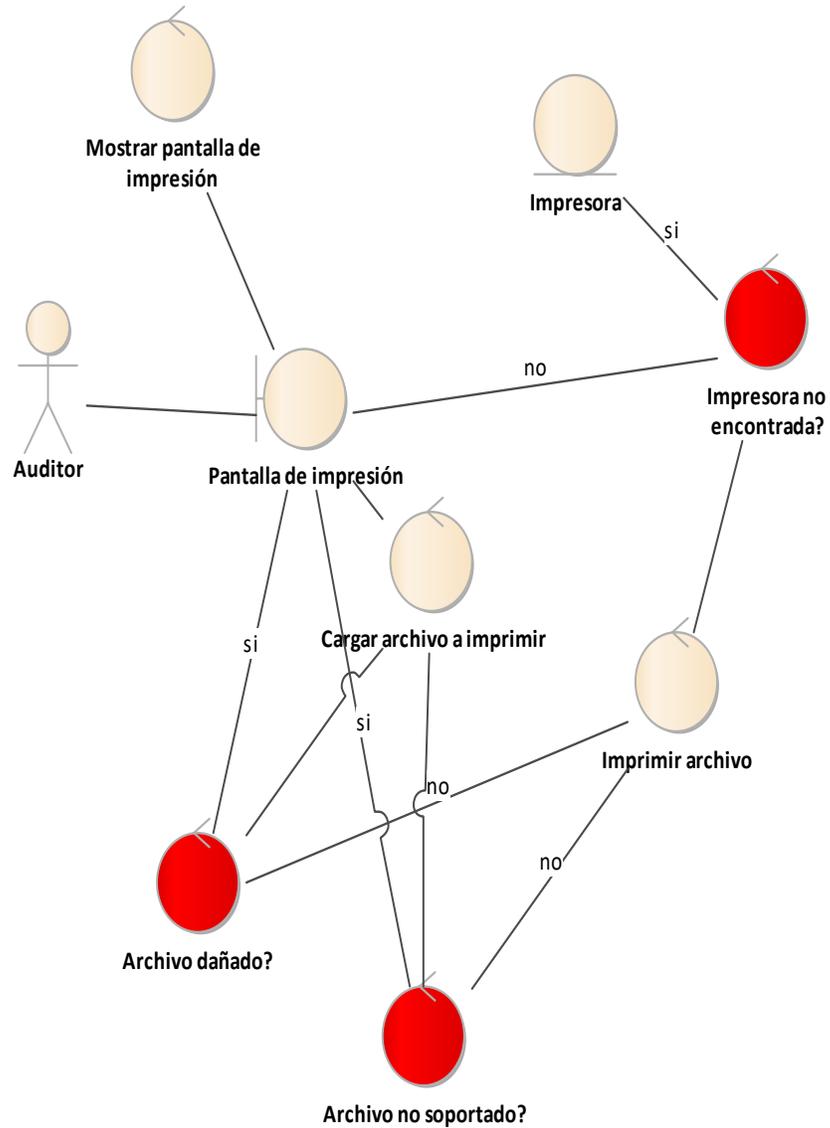
2.6.15 Diagrama de Robustez Imprimir Resultados de Factibilidad.



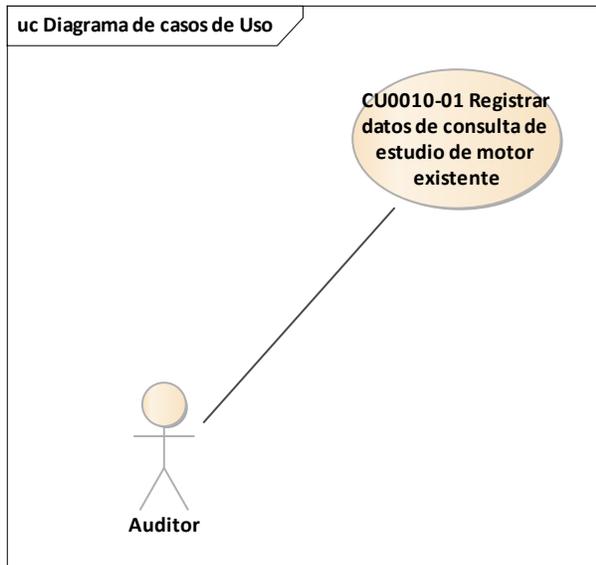
analysis CU009 Imprimir resultados de factibilidad

El caso de uso se inicia cuando el auditor decide imprimir los resultados del cálculo de factibilidad de cambio de motor. Se abre un diálogo donde se muestra lo que se está imprimiendo. El caso de uso culmina con la impresión de los resultados de factibilidad.

Cursos alternos:
 Impresora no encontrada, el usuario es redireccionado a la selección de impresoras.
 Archivo en un formato no soportado?
 Archivo dañado?
 Es mandado a la pantalla principal



2.6.16 Diagrama de Robustez Registrar datos de consulta de estudio de motor existente.

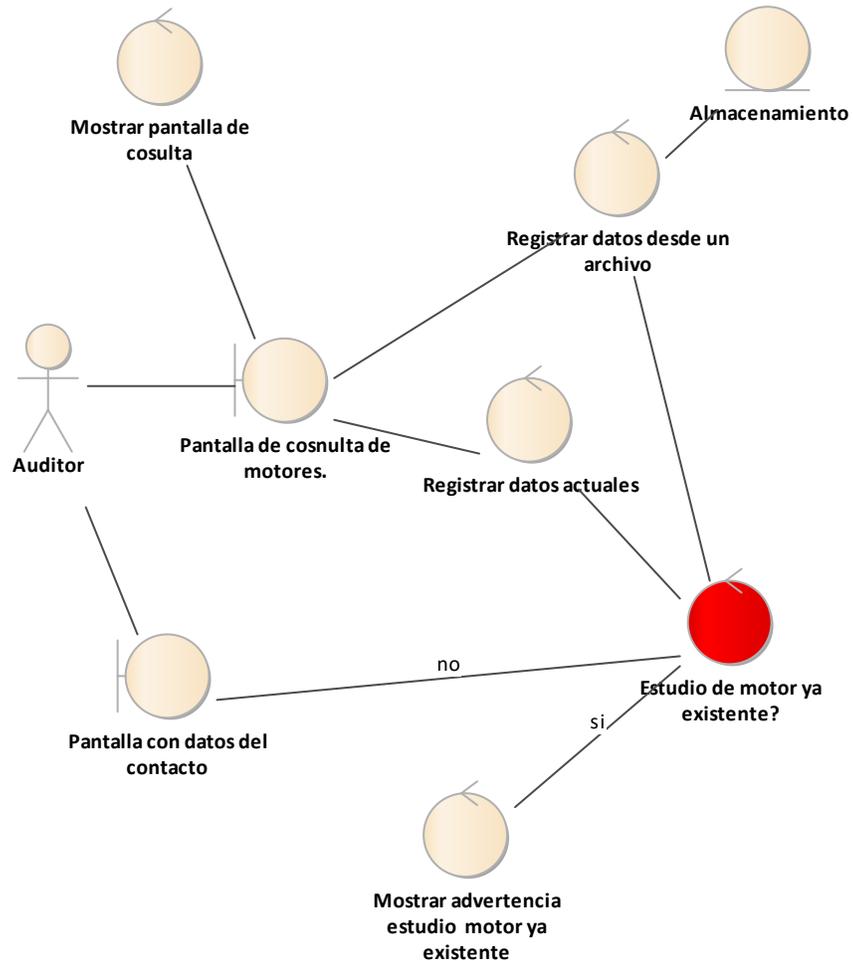


analysis CU0010-01 Registrar datos de consulta de estudio de motor existente

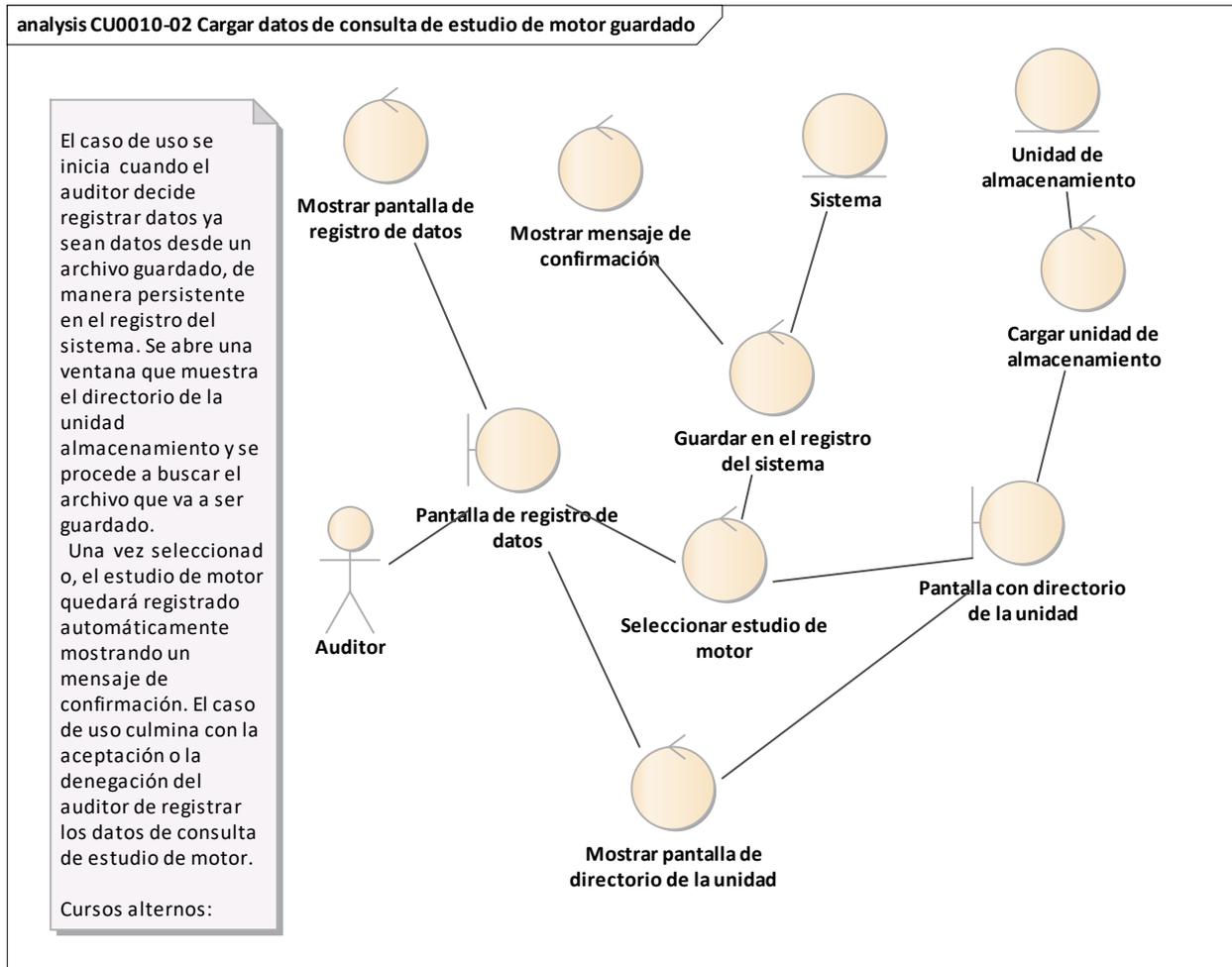
El caso de uso se inicia cuando el auditor decide registrar datos ya sean datos actuales o bien desde un archivo guardado, de manera persistente en el registro del sistema. Los datos que se mostrarán en esta ventana son: datos del motor, codificación del motor, tipo de carga; datos de la empresa, nombre de la empresa, departamento y proceso; fecha en la que se realizará el proceso de registrar; datos del contacto, nombre, teléfono y correo electrónico. El caso de uso culmina con la aceptación o la denegación del auditor de registrar los datos de consulta de estudio de motor.

Cursos Alternos:

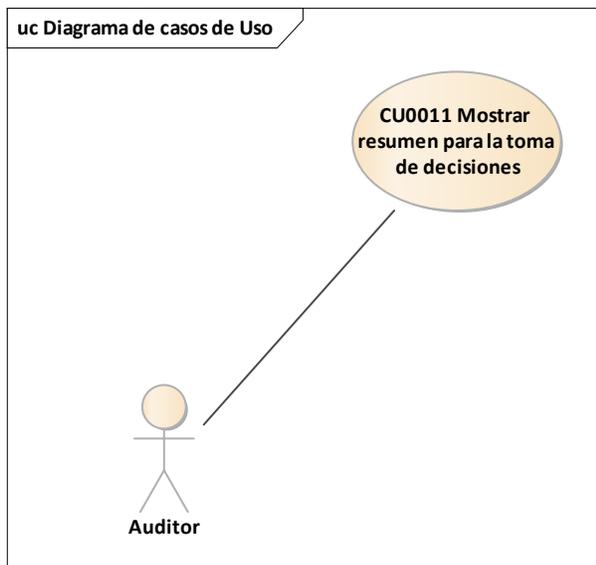
En el caso que se deseen guardar datos que ya existen en el registro, muestra un diálogo con una advertencia de que el estudio de motor ya existe, en caso contrario se muestra una ventana con datos del contacto que llevará a cabo el proceso de guardar los datos.

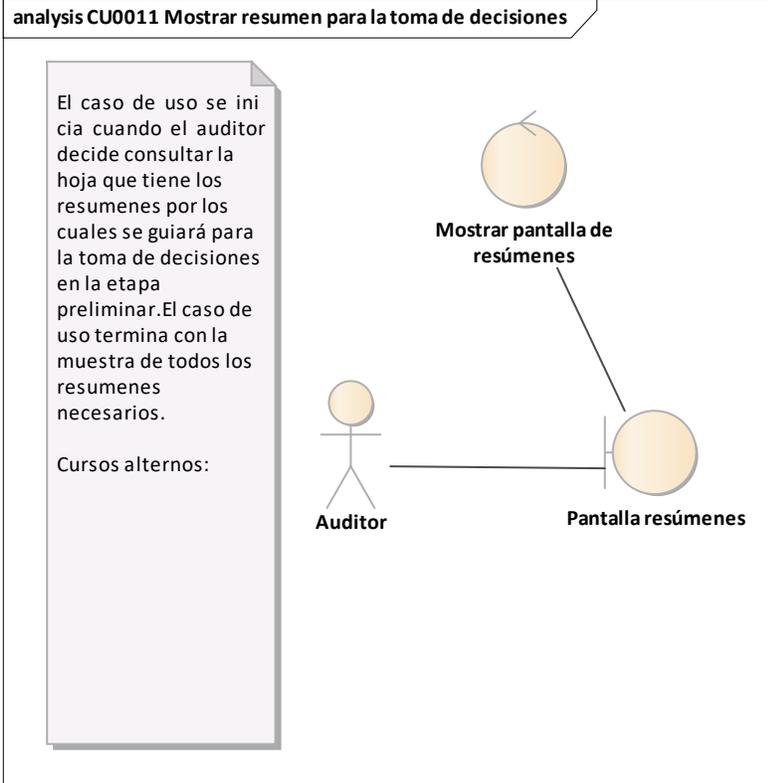


2.6.17 Diagrama de robustez Cargar datos de consulta de estudio de motor guardado.

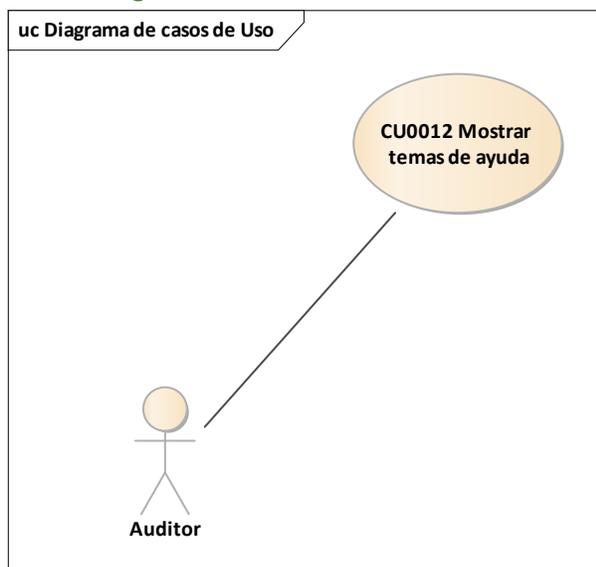


2.6.18 Diagrama de Robustez Mostrar Resumen para la toma de decisiones.





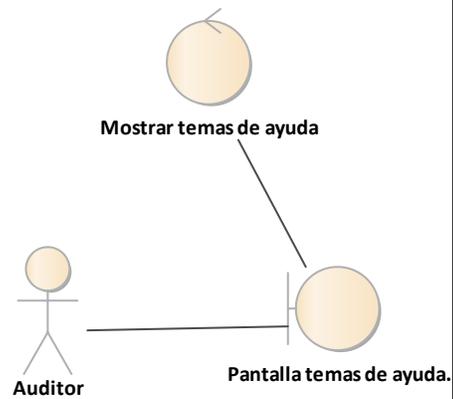
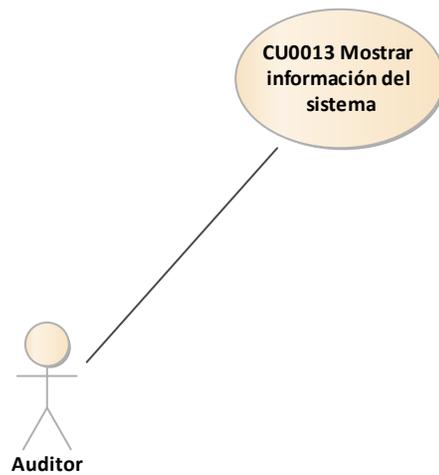
2.6.19 Diagrama de Robustez Mostrar Temas de Ayuda.



analysis CU0012 Mostrar temas de ayuda

El caso de uso se inicia cuando el auditor decide consultar los temas de ayuda. En caso que el especialista necesite una mayor comprensión del sistema, en esta opción encontrará las principales funcionalidades que brinda el mismo. El caso de uso culmina con la muestra de los temas de ayuda.

Cursos alternos:


2.6.20 Diagrama de Robustez Mostrar Información del sistema.
uc Diagrama de casos de Uso


analysis CU0013 Mostrar información del sistema

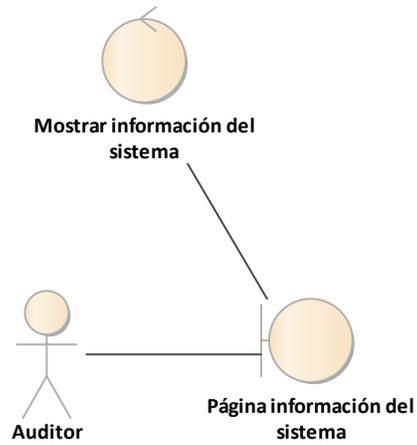
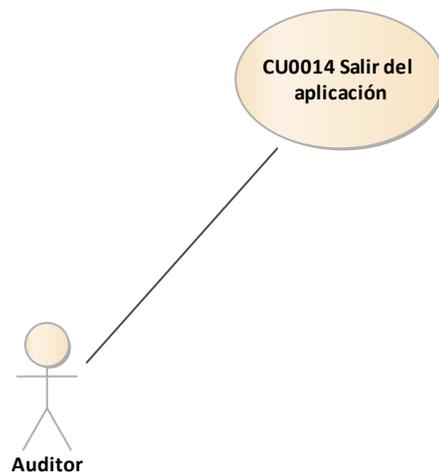
El caso de uso se inicia cuando el auditor decide consultar la información del sistema. En caso que el especialista necesite una breve descripción del sistema.

En esta opción encontrará:

- nombre del sistema,
- versión del sistema,
- año de realización,
- nombre del centro donde se desarrolló y una breve descripción de sus funcionalidades.

El caso de uso culmina con la muestra de información del sistema.

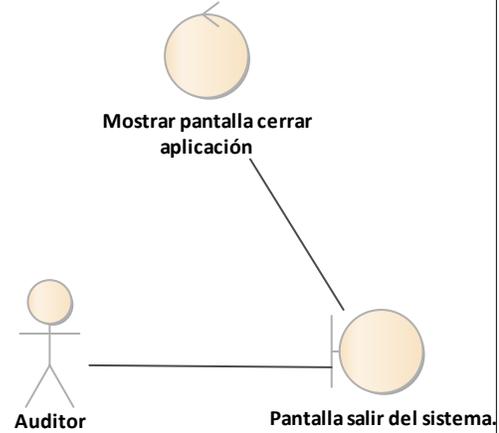
Cursos alternos:


2.6.21 Diagrama de Robustez salir de la aplicación.
uc Diagrama de casos de Uso


analysis CU0014 Salir del aplicación

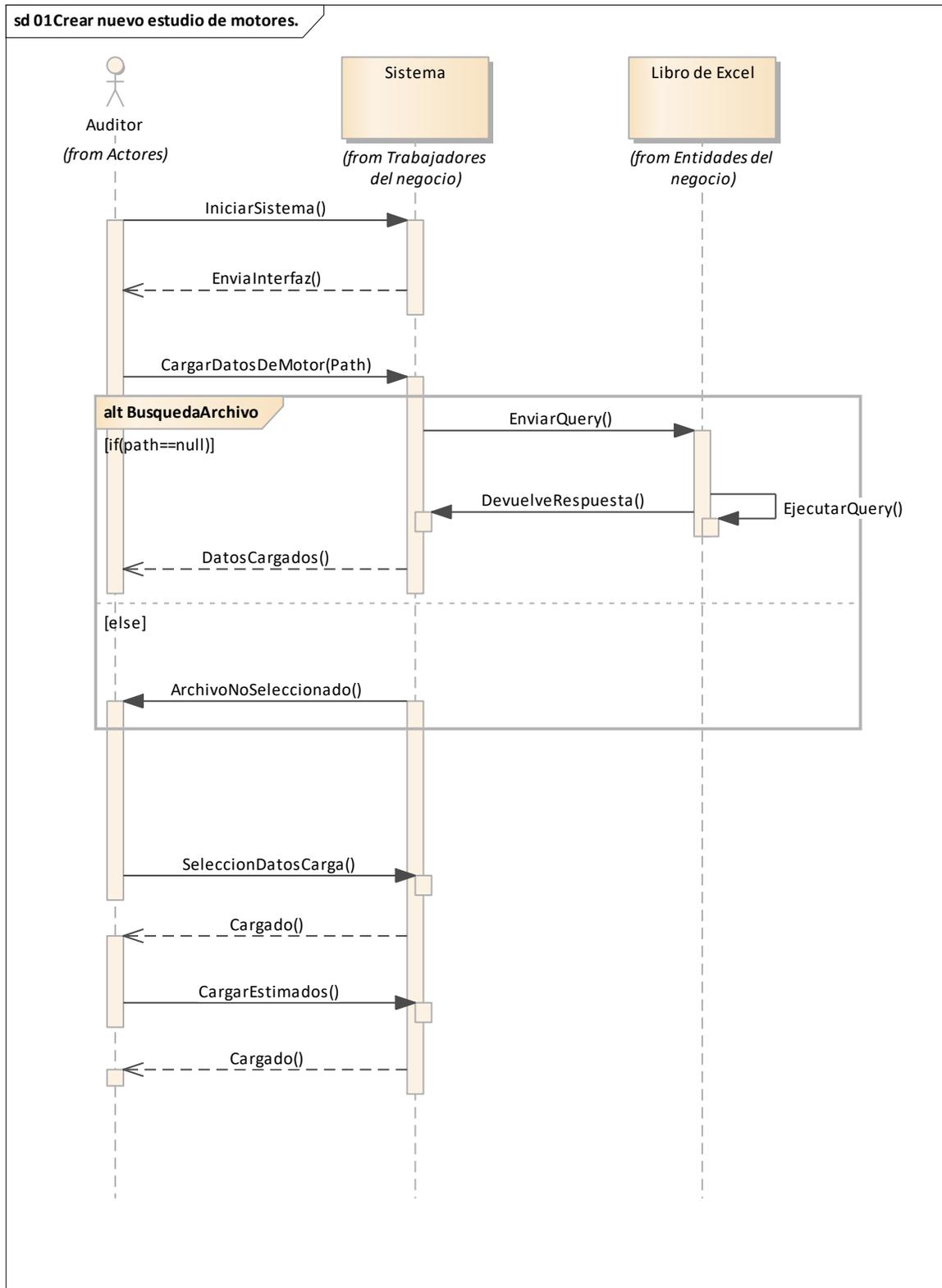
El caso de uso se inicia cuando el especialista decide salir del sistema. Se muestra un diálogo donde se solicita confirmación para salir del sistema. El caso de uso culmina con la salida del sistema.

Cursos alternos:

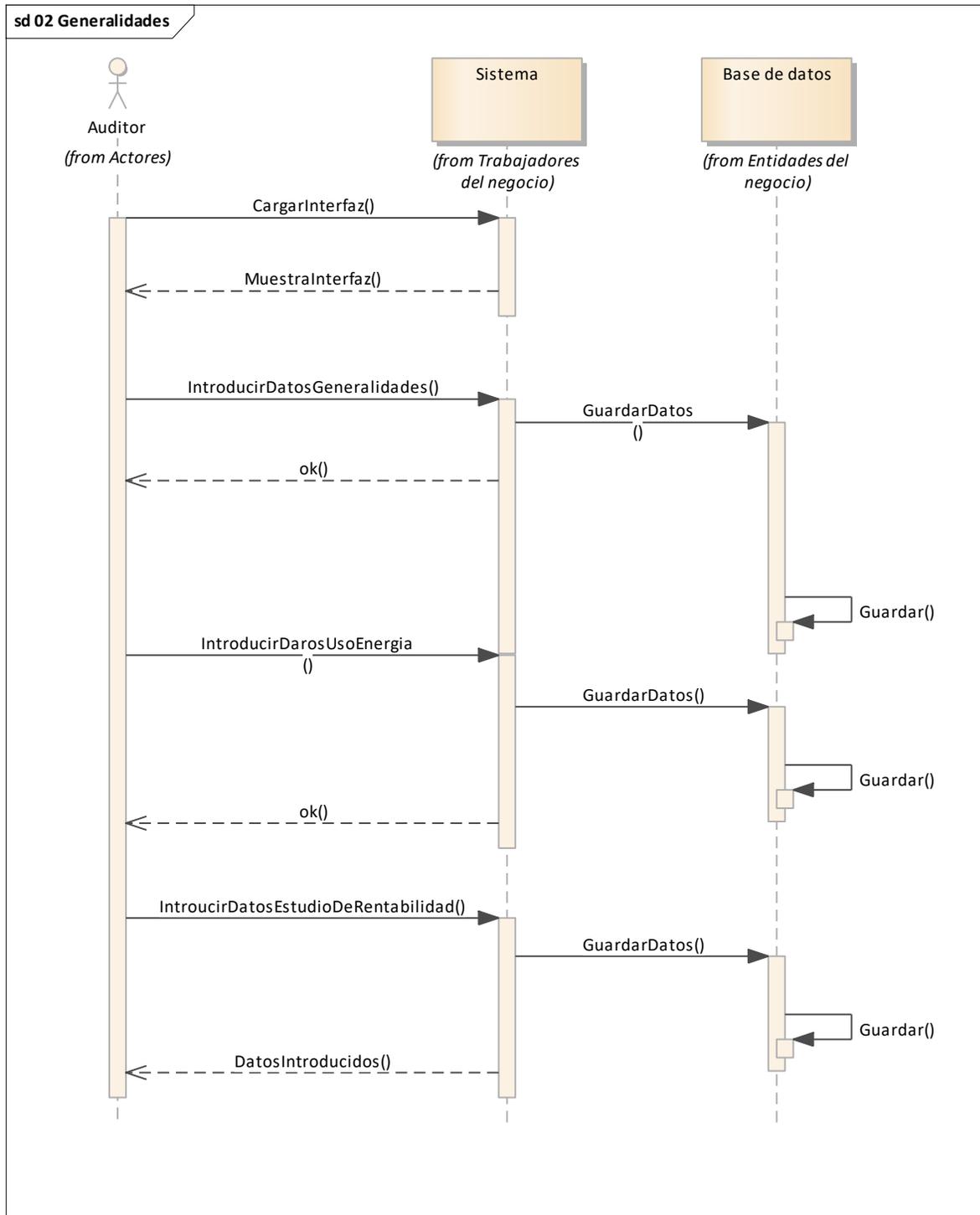


2.7 Diagrama de Secuencia:

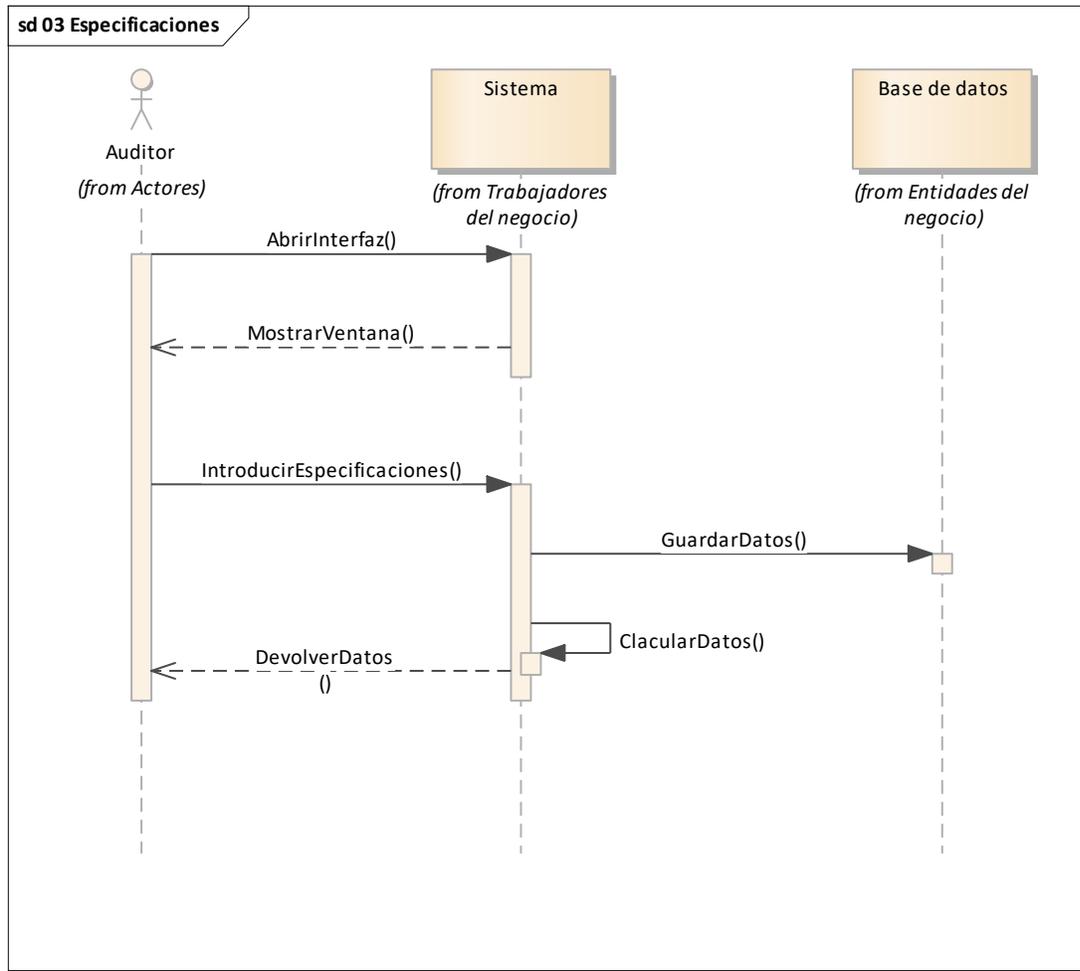
2.7.1 Diagrama de Secuencia CU01



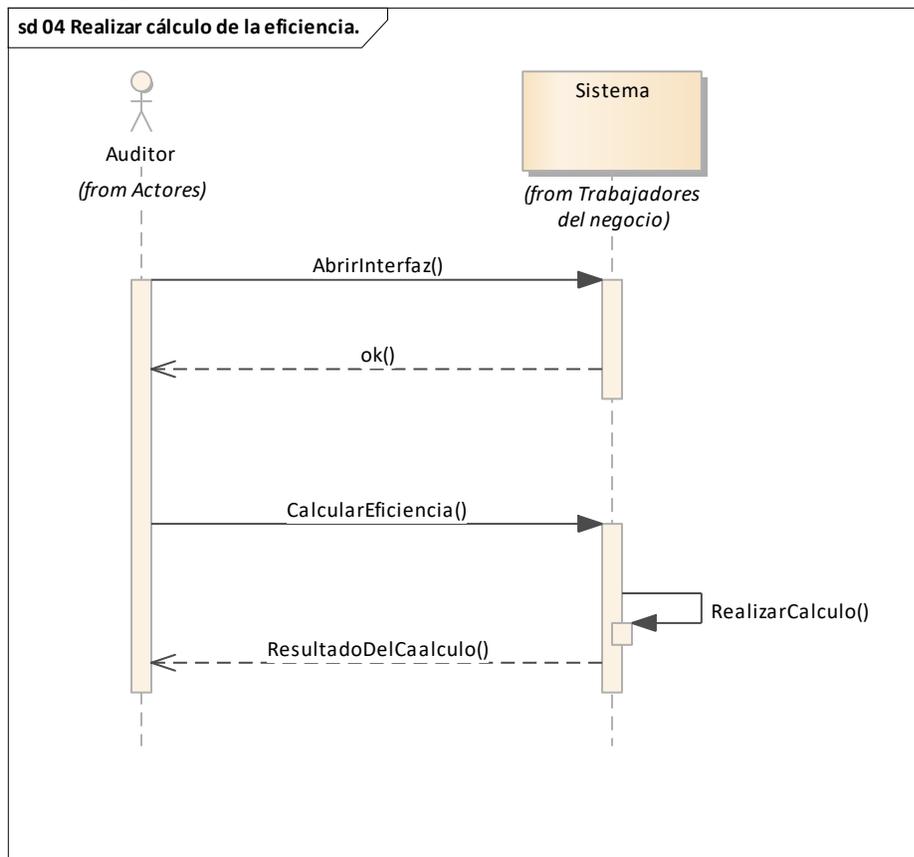
2.7.2 Diagrama de Secuencia Generalidades.



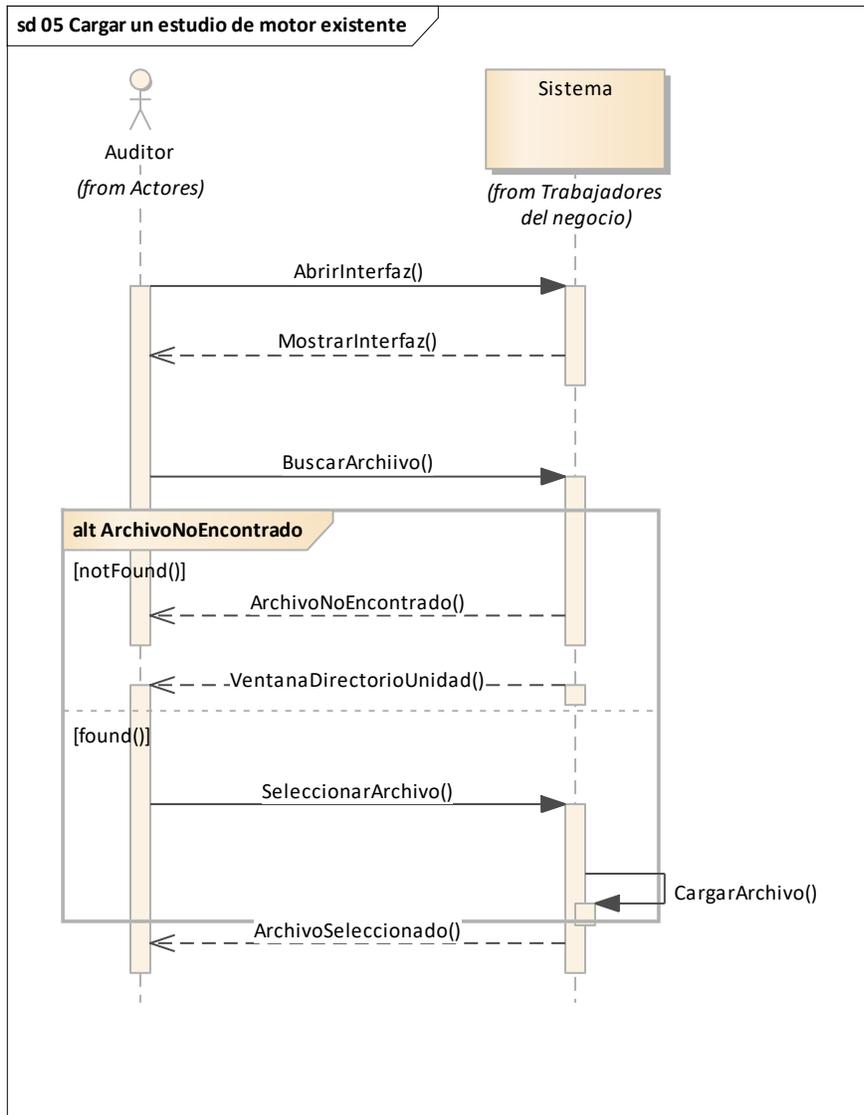
2.7.3 Diagrama de Secuencia Especificaciones.



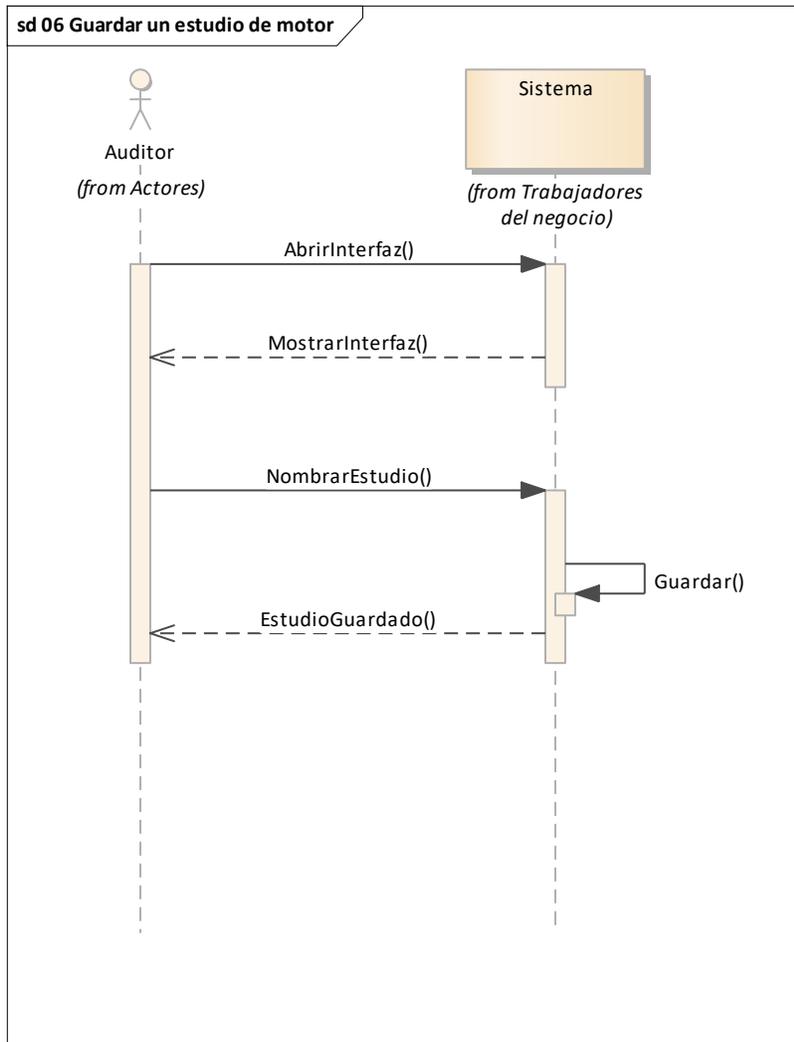
2.7.4 Diagrama de Secuencia Realizar Cálculo de la eficiencia.



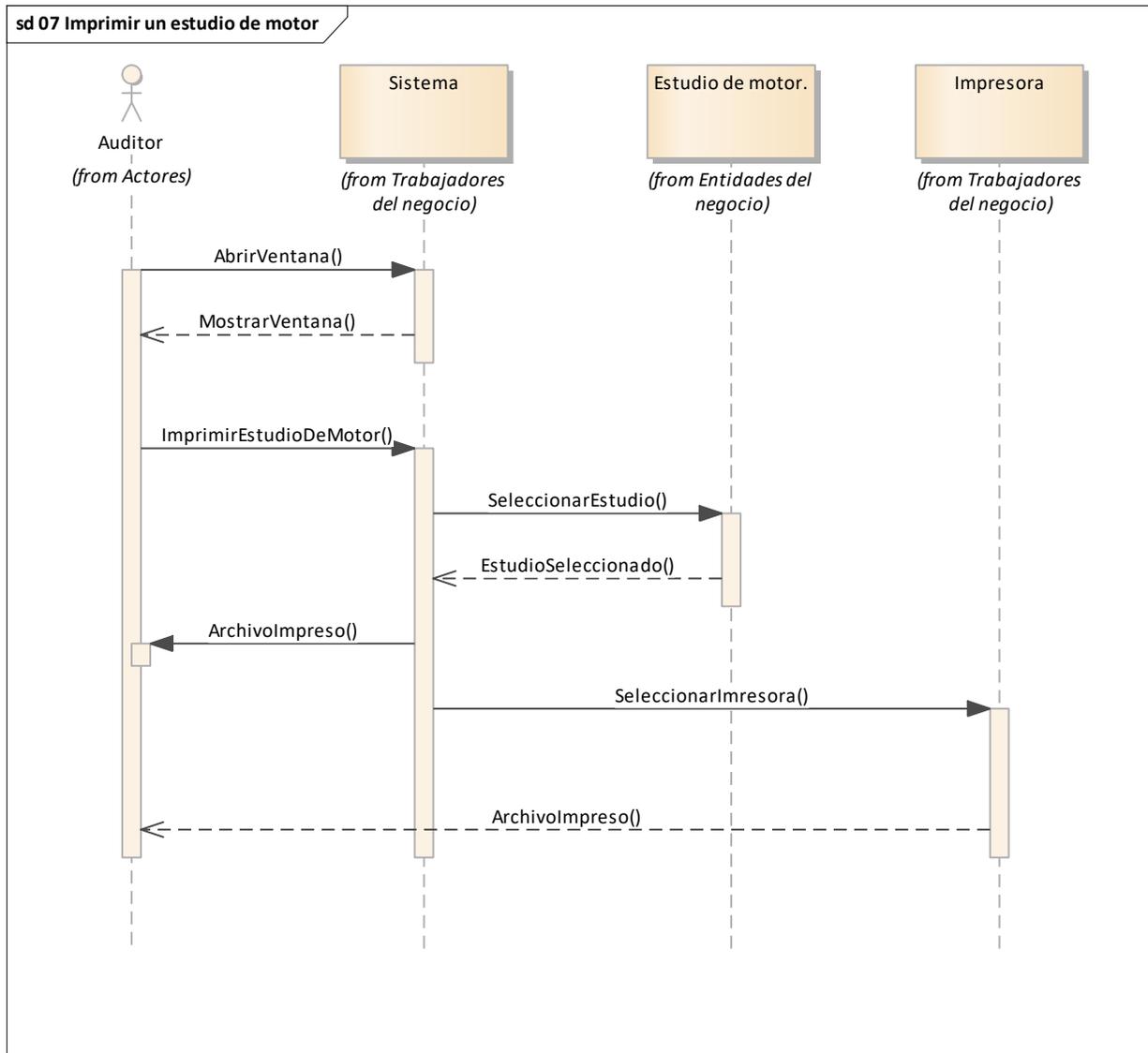
2.7.5 Diagrama de Secuencia Cargar un estudio de Motor Existente.



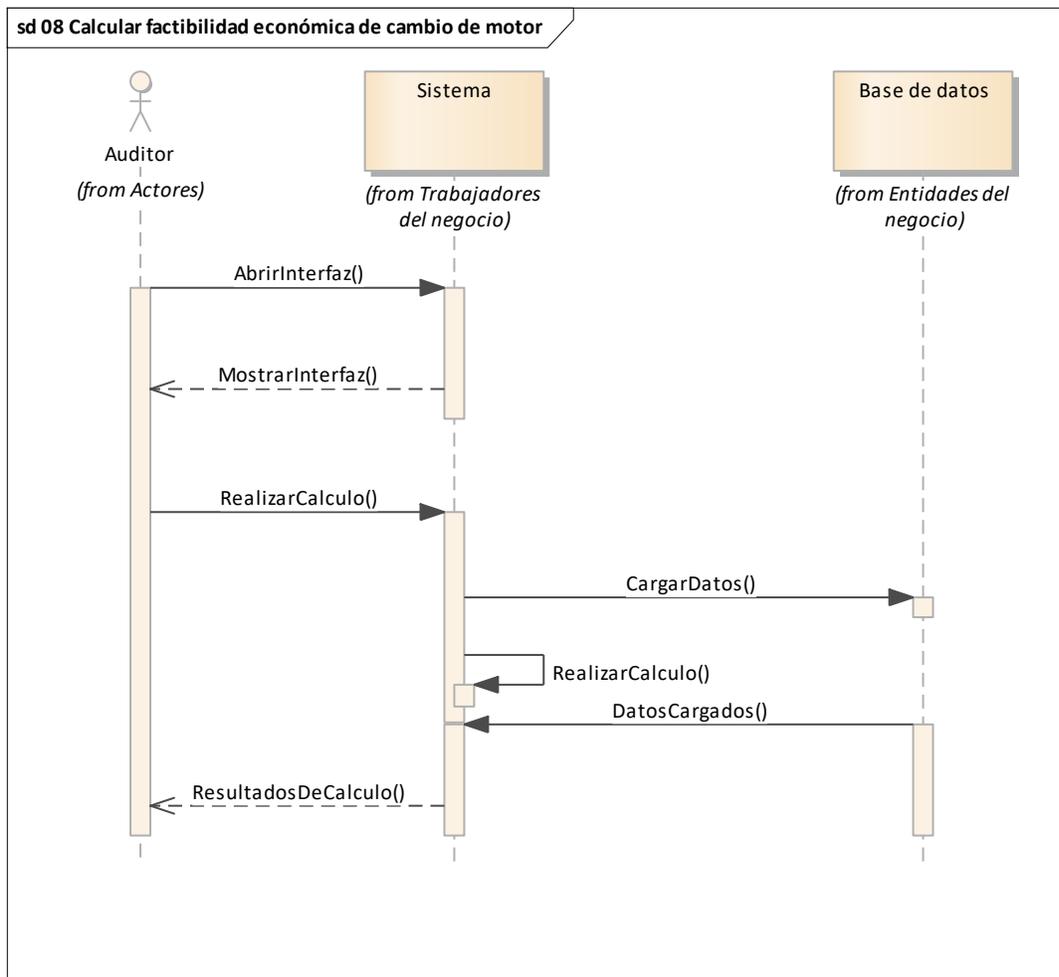
2.7.6 Diagrama de Secuencia Guardar un estudio de Motor.



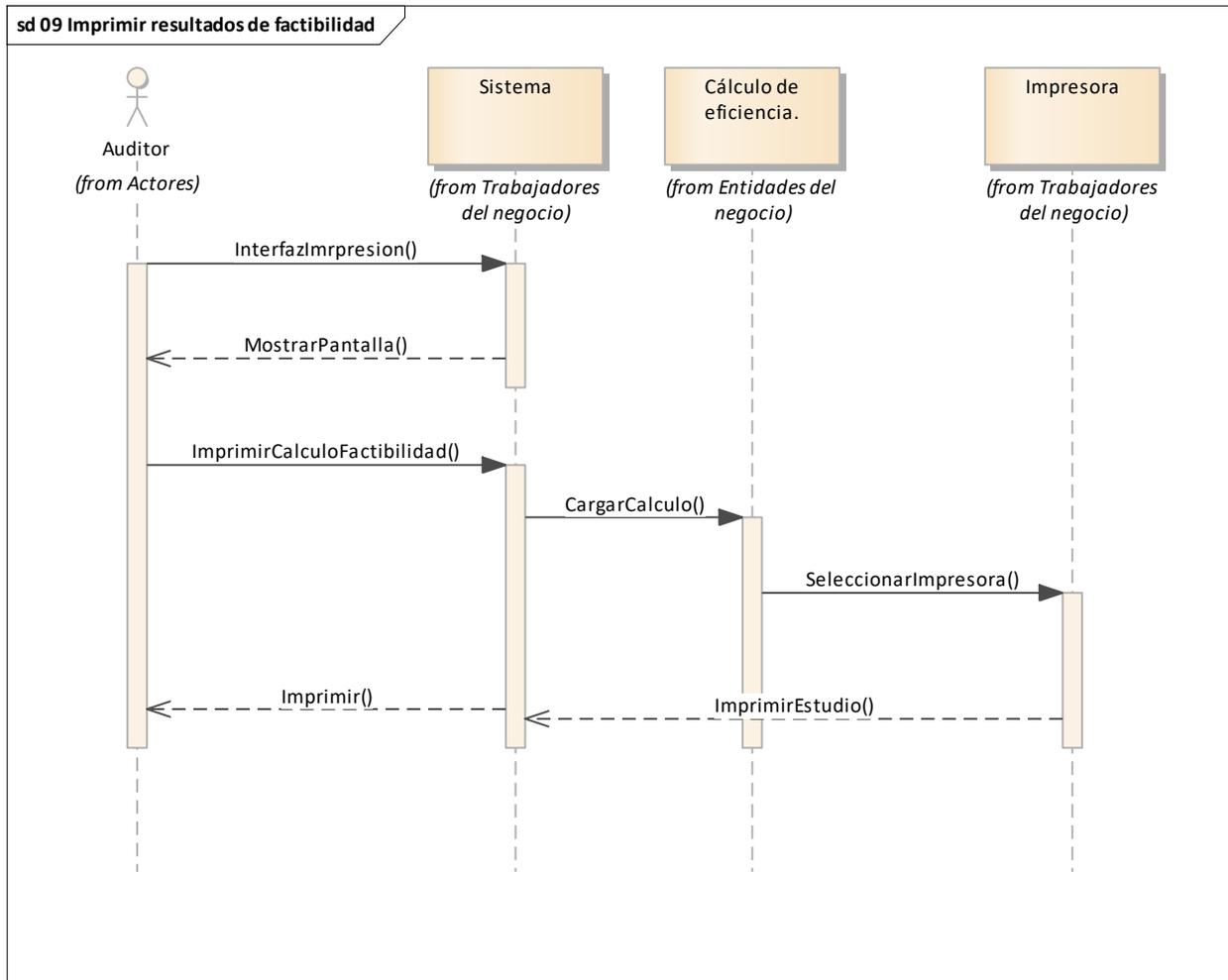
2.7.7 Diagrama de Secuencia Imprimir Estudio de Motor.



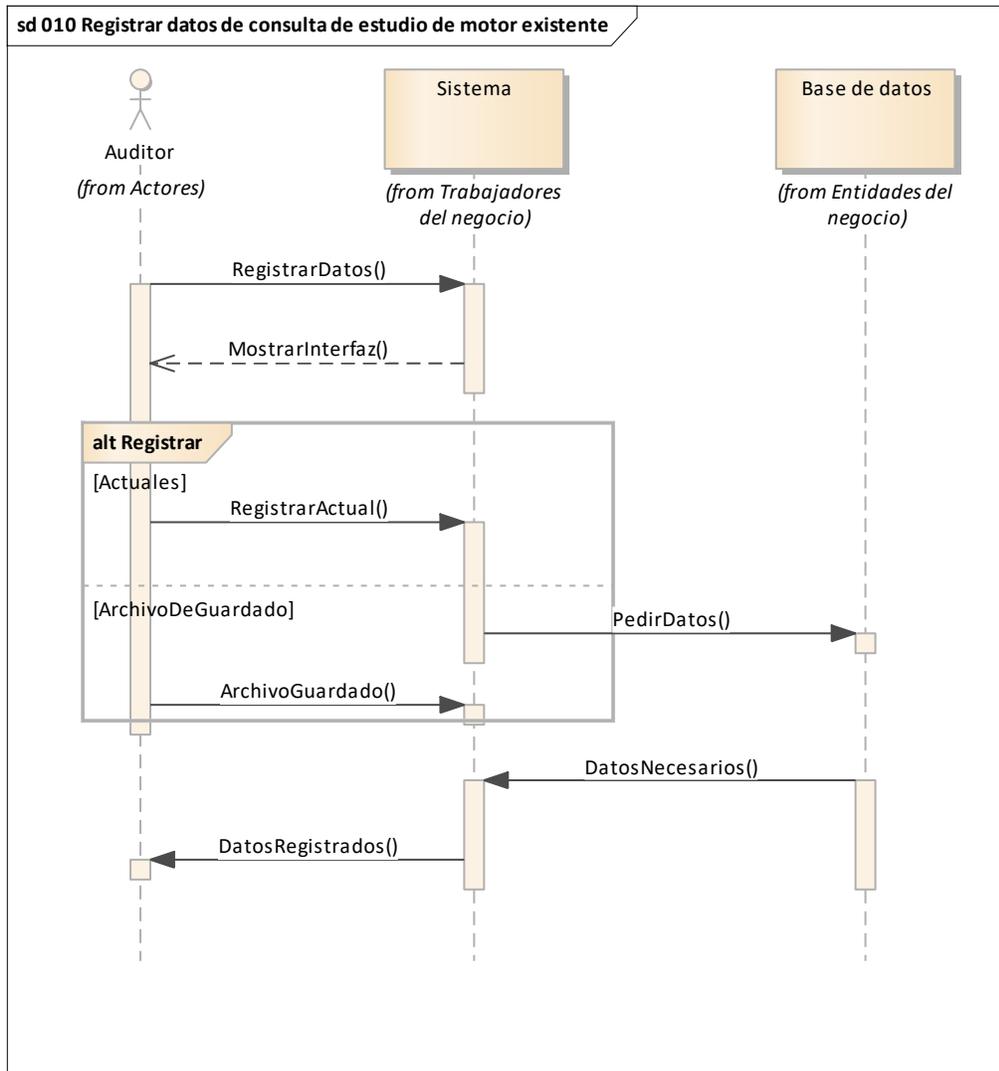
2.7.8 Diagrama de Secuencia Calcular la Factibilidad económica de cambio de motor.



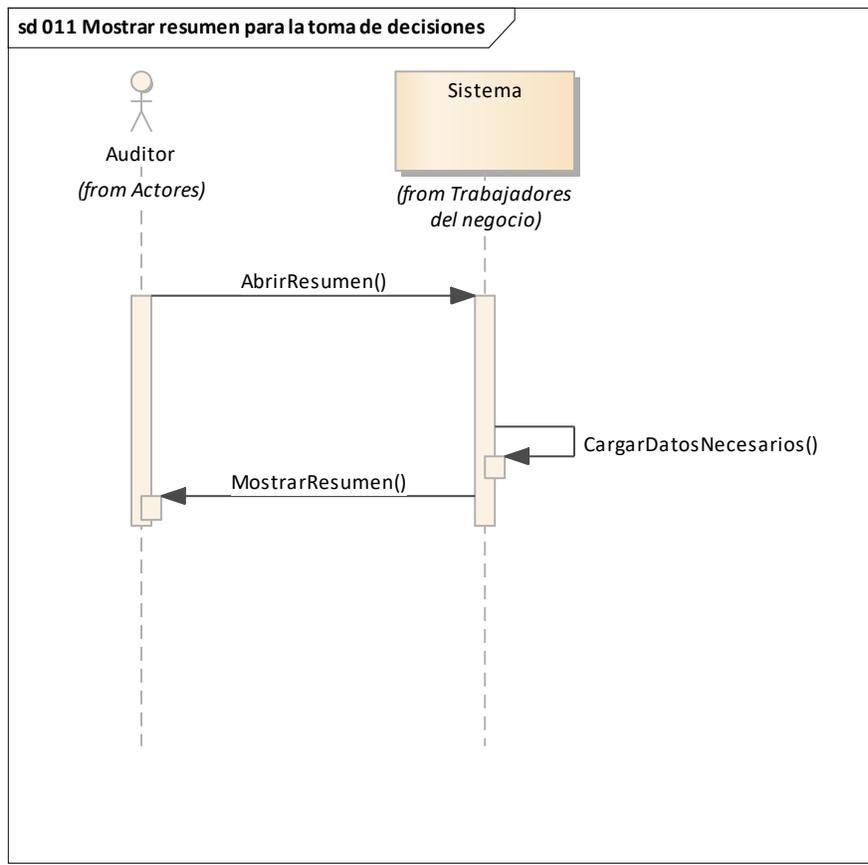
2.7.9 Diagrama de Secuencia Imprimir Resultados de Impresión.



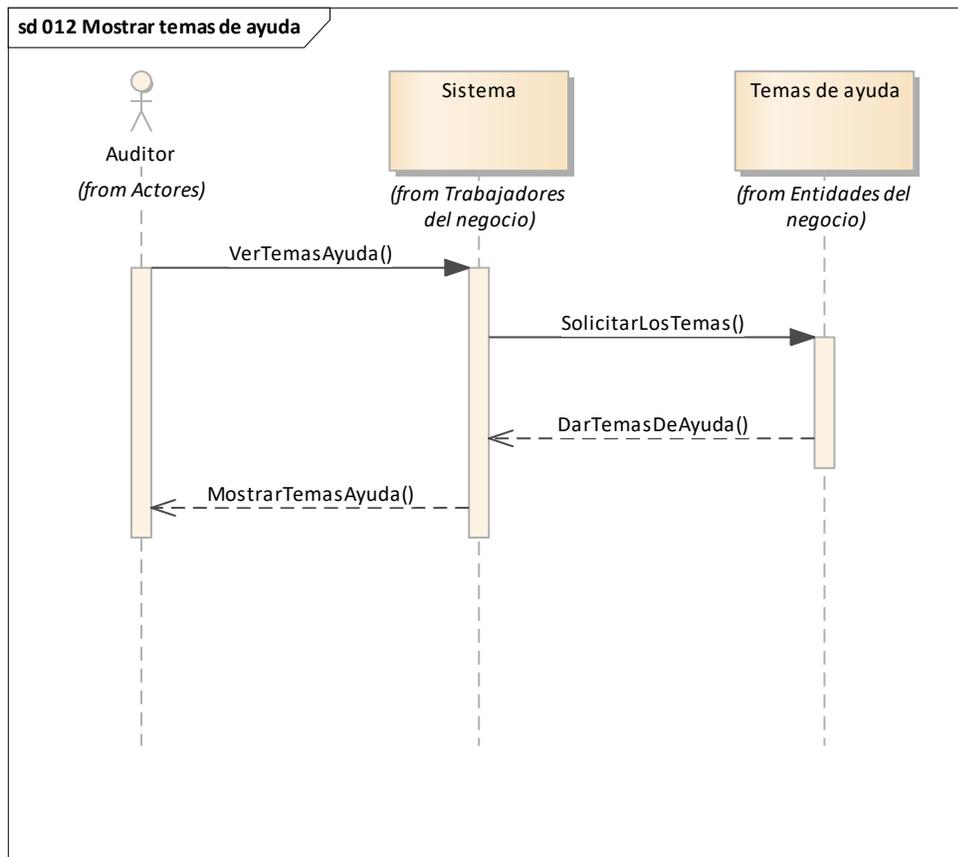
2.7.10 Diagrama de Secuencia Registrar datos de consulta de estudio de motor existente.



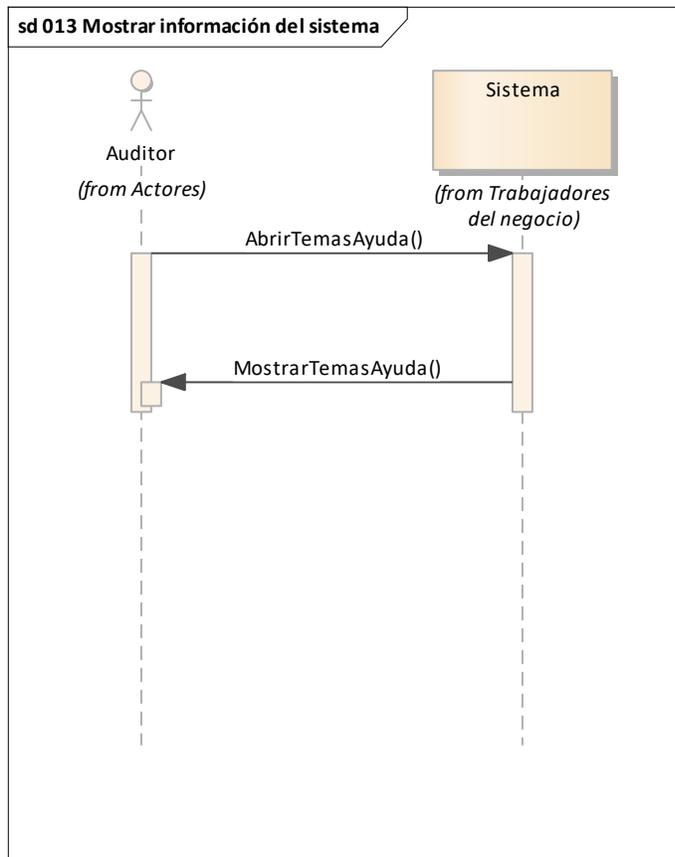
2.7.11 Diagrama de Secuencia Mostrar resumen para la toma de decisiones.



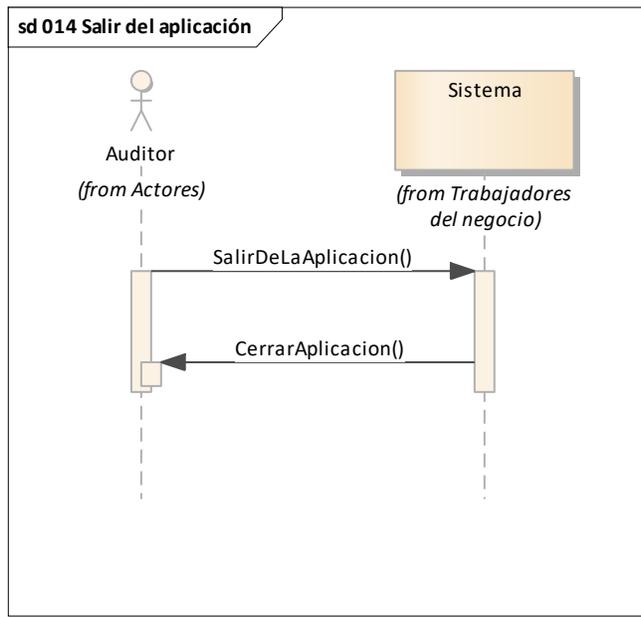
2.7.12 Diagrama de secuencia Mostrar Temas de Ayuda.



2.7.13 Diagrama de Secuencia Mostrar Información del Sistema.



2.7.14 Diagrama de Secuencia Salir de la aplicación.



2.8 Construcción de la solución propuesta.

2.8.1 Diagrama de clases del diseño

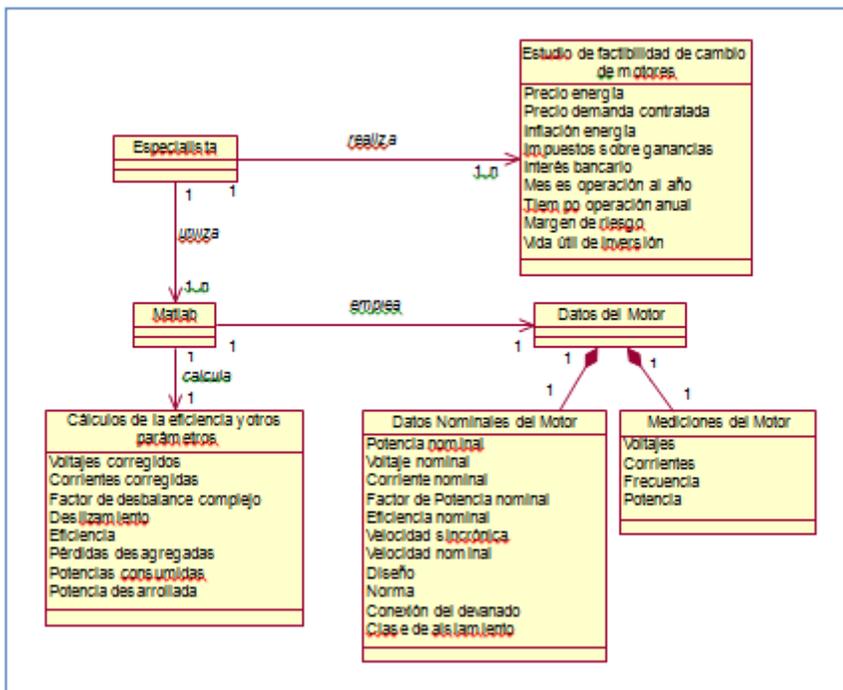


Figura 15 Diagrama de diseños de clases.

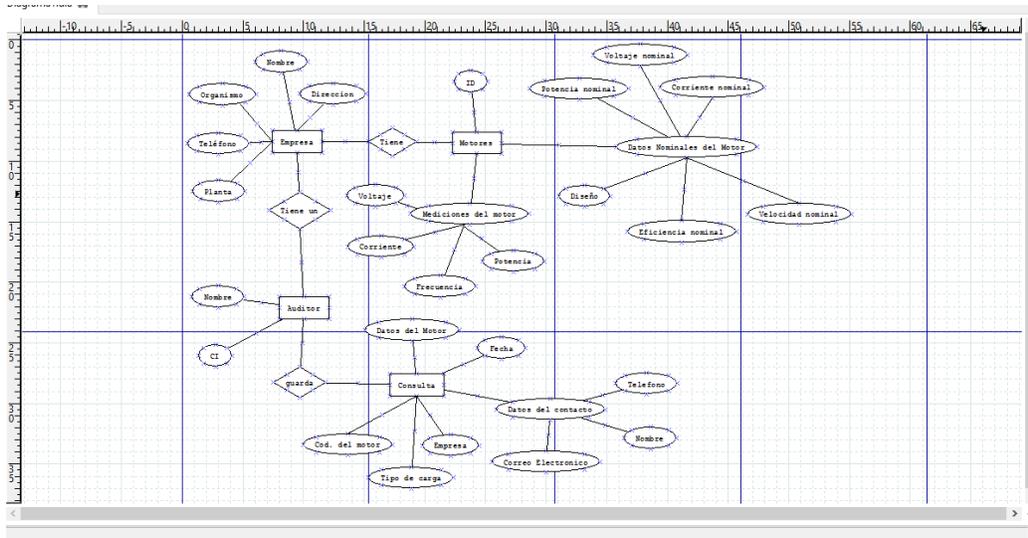


Figura 16 ER

2.8.1 Modelo lógico de datos

EMPRESA(Teléfono, Planta, Organismo, Dirección, Nombre)

AUDITOR(CI, Nombre, Teléfono_Empresa)

CONSULTA(Fecha, Datos_Telefono, Datos_nombre, Datos_correo, Empresa, Cod._del_motor, Tipod_de_carga, Datos_del_Motor, CI)

MOTORES(ID, Medicion_Voltaje, Medicion_Corriente, Medicion_Frecuencia, Medicion_Potencia, Datos_PotenciaN, Datos_VoltajeN, Datos_CorrienteN, Datos_Diseño, Datos_EficienciaN, Datos_VelocidadN, Telefono)

2.8.2 Modelo físico de datos.

Conclusiones

En el presente capítulo queda definido el modelo de objetos del dominio

que corresponde al método de análisis preliminar durante el proceso de auditoria energética de motores eléctricos, quedaron descritas las reglas que regulan y conducen al buen funcionamiento del negocio. También se describe el modelo del sistema mediante sus requerimientos funcionales y no funcionales, se identificaron y describieron los actores del sistema así como sus casos de uso, definiéndose un total de 17. Este análisis conllevó a que se pueda tener una visión más clara del problema a resolver.

Capítulo III – Descripción de la solución propuesta

3.1 Introducción

En este capítulo se realiza una descripción de la construcción de la solución propuesta, en la que se han utilizado el Diagrama de Clases del Diseño y el Diagrama de Clases Persistentes, artefactos que propone la Metodología de RUP. También se describen las estructuras de los ficheros utilizados, se muestra el diagrama de implementación y los principios del diseño del sistema. También se hace la evaluación de la factibilidad del proyecto, para conocer si es conveniente llevarlo a cabo. La viabilidad y el análisis de riesgo están relacionados de muchas maneras. Si el riesgo del proyecto es alto, la viabilidad de producir software de calidad se reduce. En el presente capítulo se hace un estudio de factibilidad, beneficios y costo del sistema propuesto.

3.2 Construcción del sistema

En este epígrafe se realiza una descripción de la construcción de la solución propuesta utilizando el Diagrama de Clases del Diseño y el Diagrama de Clases Persistentes, artefactos que propone la Metodología de RUP. También se describen las estructuras de los ficheros utilizados.

3.2.2 Diagrama de clases persistentes.

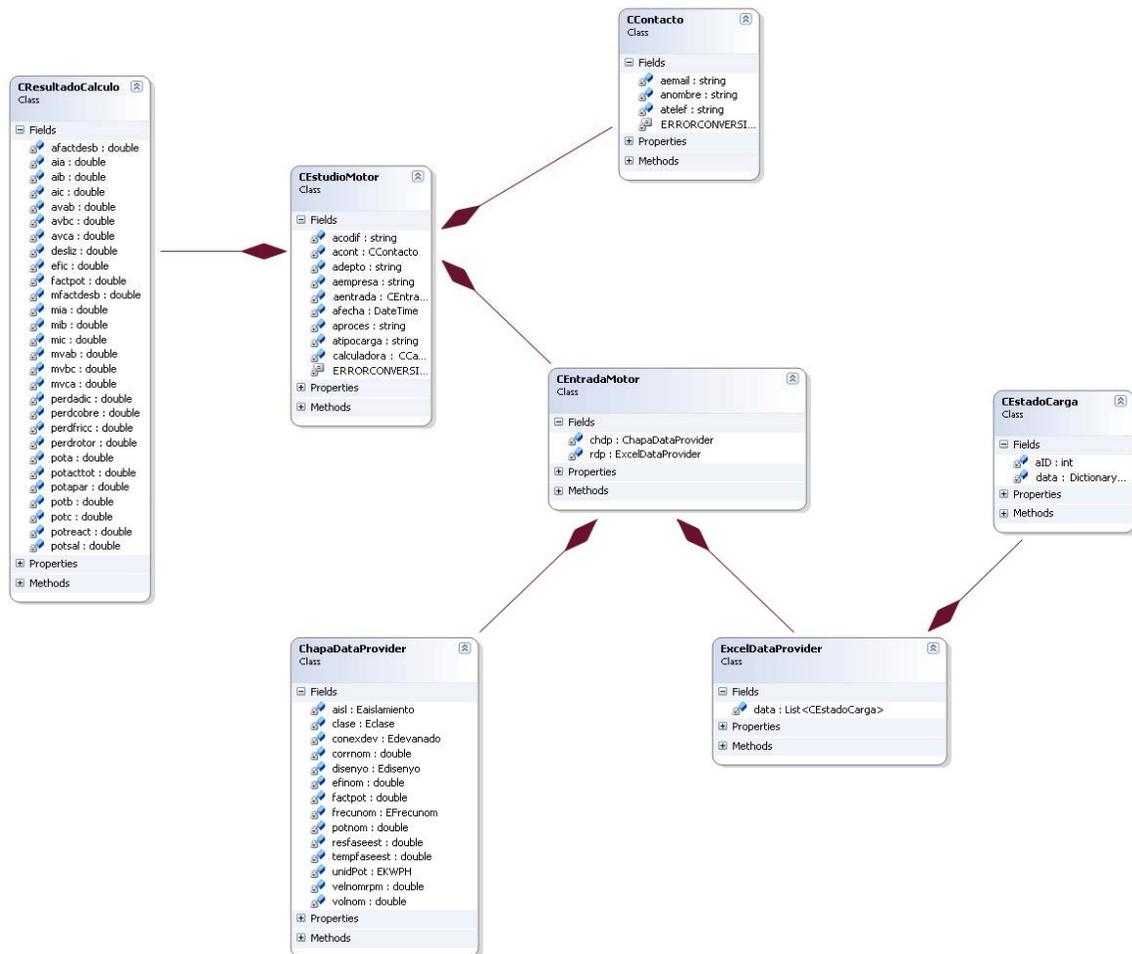


Figura 17 Diagrama de clases persistentes

3.2.3 Estructura de los ficheros

Los datos del estudio de motor y del registro de estudios son guardados en archivos de texto plano con formato XML bajo las extensiones de .ema y .rma respectivamente. Ambos son cargados por sus respectivas clases modelo. El formato XML es un estándar que usa etiquetas definidas por el usuario para modelar datos. Lo cual se describe como:

- Fecha en que se lleva a cabo el estudio de motor.
- Datos de la empresa que realiza el estudio de motor.
- Datos de chapa del motor.

- Datos del estado de carga analizado.
- Resultados del proceso de cálculo.

3.2.4 Diagrama de implementación

El diagrama de implementación describe cómo los elementos del modelo de diseño, las clases, se implementan en términos de componentes. Describe también cómo se organizan los componentes de acuerdo con los mecanismos de estructuración y modularización disponibles en el entorno de implementación y en el lenguaje o lenguajes de programación utilizados y cómo dependen los componentes unos de otros.

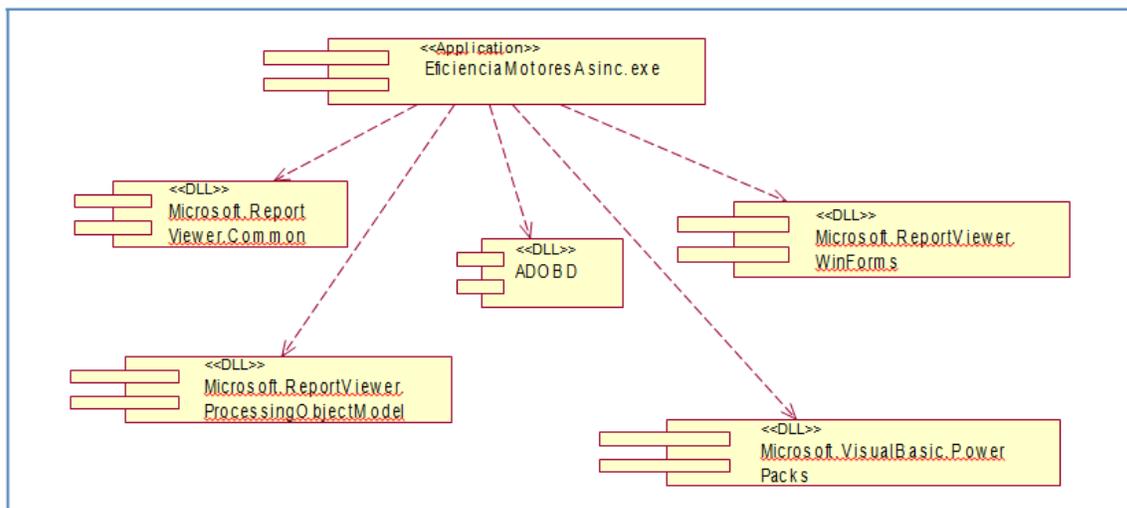


Figura 18 Diagrama de Implementación

3.3 Principios de diseño del sistema

Los principios de diseño describen la realización física de los casos de uso, centrándose en cómo los requisitos funcionales y no funcionales, junto con otras restricciones relacionadas con el entorno de implementación, tienen impacto en el sistema a considerar. [11]

3.3.1 Diseño de la interfaz del sistema

La interfaz es un modelo mental permanente, es decir una representación cognitiva o conceptualización que el usuario hace del sistema. A fin de que este modelo se mantenga a lo largo del programa ha de tener una consistencia, es decir mantener su coherencia de principio a fin. Para lograr esto se han de mantener las reglas y los criterios en el diseño.

La interfaz de entrada / salida diseñada para el sistema se concibió íntegramente para aprovechar las posibilidades de potencia gráfica del lenguaje propuesto para la construcción del sistema, conservando el estándar de controles típico de Windows. La carga visual se distribuirá de manera cómoda evitando acumulaciones engorrosas.

La tipografía utilizada es Verdana 12 px.

Los mensajes de error son en Español.

3.3.2 Tratamiento de errores

El sistema será programado de manera tal que se minimicen los errores aplicando técnicas de validación de datos y mediante la cuidadosa confección de la interfaz de entrada salida. Los mensajes de error que emite el sistema se mostrarán en un lenguaje claro y de fácil comprensión a personas sin conocimientos avanzados de computación.

3.4 Estudio de Factibilidad

La estimación por Puntos de Casos de Uso es un método propuesto inicialmente por Gustav Karner en el año 1993 y que se utiliza para la estimación del tiempo de desarrollo de un proyecto mediante la asignación de “pesos” a un cierto número de factores que lo afectan. Este método resulta muy efectivo para estimar el esfuerzo requerido en el desarrollo de los primeros casos de uso de un sistema, si se sigue una aproximación iterativa como el Proceso Unificado de Software. En este tipo de

aproximación, los primeros casos de uso a desarrollar son los que ejercitan la mayor parte de la arquitectura del software y los que a su vez ayudan a mitigar los riesgos más significativos.

3.4.1 Cálculo de Puntos de Casos de Uso sin ajustar

$$UUCP = UAW + UUCW$$

Donde:

UUCP: Puntos de Casos de Uso sin ajustar.

UAW: Factor de Peso de los Actores sin ajustar.

UUCW: Factor de Peso de los Casos de Uso sin ajustar.

Para calcular Factor de peso de los actores sin ajustar UAW:

Tipo	Descripción	Peso	Cant*Peso
Simple	Otro sistema que interactúa con el sistema a desarrollar mediante una interfaz de programación.	1	0*1
Medio	Otro sistema que interactúa con el sistema a desarrollar mediante un protocolo o una interfaz basada en texto.	2	0*2
Complejo	Una persona que interactúa con el sistema mediante una interfaz gráfica.	3	1*3
Total:			3

Tabla 15: Cálculo del Factor de Peso de los Actores sin Ajustar.

Para calcular UUCW:

No.	Nombre del caso de uso	Cantidad de transacciones	Tipo
1	Crear nuevo estudio de motor.	3	Simple
2	Generalidades.	2	Simple
3	Especificaciones.	2	Simple
4	Realizar cálculo de eficiencia.	2	Simple
5	Cargar un estudio de motor existente.	2	Simple
6	Guardar un estudio de motor existente.	1	Simple
7	Imprimir un estudio de motor.	1	Simple
8	Calcular factibilidad económica de cambio de motores.	3	Simple
9	Imprimir resultados de factibilidad.	1	Simple
10	Registrar datos de consulta de estudio de motor existente.	5	Medio
11	Mostrar resumen para la toma de decisiones.	1	Simple
12	Mostrar temas de ayuda.	1	Simple
13	Mostrar información del sistema.	1	Simple
14	Salir del sistema.	1	Simple

Tabla 16: Cantidad de transacciones por casos de uso.

Tipo	Descripción	Peso	Cant*Peso
Simple	El Caso de Uso contiene de 1 a 3 transacciones.	5	13*5
Medio	El Caso de Uso contiene de 4 a 7 transacciones.	10	1*10
Complejo	El Caso de Uso contiene más de 7 transacciones.	15	0*15
Total:			75

Tabla 17: Cálculo del Factor de Peso de los CU sin Ajustar.

La cantidad de transacciones se determina a partir de la descripción textual del CU. Entre más detallada esté la descripción textual, más transacciones se puede encontrar y la estimación será más exacta.

Luego: $UUCP = 3 + 75$

$UUCP = 78$

3.4.2 Cálculo de Puntos de Casos de Uso ajustados

$$UCP = UUCP * TCF * EF$$

Donde: UCP: Puntos de Casos de Uso ajustados.

UUCP: Puntos de Casos de Uso sin ajustar.

TCF: Factor de complejidad técnica.

EF: Factor de ambiente.

Para Calcular Factor de Complejidad Técnica (TCF)

$$TCF = 0.6 + 0.01 * \Sigma (\text{Pesoi} * \text{Valori}) \text{ (Donde Valor es un número del 0 al 5).}$$

Significado de los valores:

0: No presente o sin influencia.

1: Influencia incidental o presencia incidental.

2: Influencia moderada o presencia moderada.

3: Influencia media o presencia media.

4: Influencia significativa o presencia significativa.

5: Fuerte influencia o fuerte presencia.

Factor	Descripción	Peso	Valor	Comentario	Σ (Pesoi * Valori)
T1	Sistema distribuido.	2	5	El sistema es distribuido.	10
T2	Objetivos de performance o tiempo de respuesta.	1	4	Se requiere que el sistema tenga un buen rendimiento.	4
T3	Eficiencia del usuario final.	1	2	Debe ser eficiente el resultado final.	2
T4	Procesamiento interno complejo.	1	4	El sistema debe realizar numerosos cálculos complejos.	4
T5	El código debe ser reutilizable.	1	2	Es reutilizable.	2
T6	Facilidad	0.5	5	El sistema debe ser fácil de instalar.	2.5
T7	Facilidad de uso.	0.5	3	De ser un sistema	1.5
T8	Portabilidad.	2	3	Se requiere que el sistema sea portable.	6
T9	Facilidad de cambio.	1	3	Se requiere que sea un sistema flexible ante cambios.	3
T10	Concurrencia.	1	2	Hay poca concurrencia.	2
T11	Incluye objetivos especiales de	1	2	El sistema gestiona información no	2
T12	Provee acceso directo a terceras partes.	1	5	Provee acceso directo a terceras partes.	5

T13	Se requieren facilidades especiales de entrenamiento a los usuarios.	1	3	No se requieren facilidades especiales de entrenamiento a los usuarios.	3
Total:					47.0

Tabla 18: Cálculo del Factor de Complejidad Técnica.

$$TCF = 0.6 + 0.01 * 47$$

$$TCF = 1.07$$

Para Calcular EF

$$EF = 1.4 - 0.03 * \Sigma (\text{Peso} * \text{Valori}) \text{ (Donde Valor es un número del 0 al 5)}$$

Factor	Descripción	Peso	Valor	Comentario	$\Sigma (\text{Peso} * \text{Valori})$
E1	Familiaridad con el modelo de proyecto utilizado.	1.5	4	El grupo no está familiarizado con el modelo de proyecto.	6
E2	Experiencia en la aplicación.	0.5	3	No hay mucha experiencia en la aplicación.	1.5
E3	Experiencia en orientación a objetos.	1	4	La mayoría del grupo ha programado Orientado a Objetos.	4
E4	Capacidad del analista líder.	0.5	4	Experiencia media	2
E5	Motivación.	1	3	El grupo está altamente motivado.	3

E6	Estabilidad de los requerimientos.	2	4	Se esperan cambios.	8
E7	Personal part-time.	-1	0		0
E8	Dificultad del lenguaje de programación.	-1	3	Se usará el lenguaje C# orientado a objetos, no estudiado. Aunque el lenguaje no es difícil de aprender.	-3
Total:					21.5

Tabla 19: Cálculo del Factor Ambiente.

$$EF = 1.4 - 0.03 * 21.5$$

$$EF = 0.75$$

Luego

$$UCP = 78 * 1.07 * 0.75$$

$$UCP = 62.529$$

3.4.3 Cálculo del Esfuerzo

$$E = UCP * CF$$

Donde:

E: esfuerzo estimado en horas-hombre.

UCP: Puntos de Casos de Uso ajustados.

CF: factor de conversión.

Para calcular Factor de Conversión (CF):

CF = 20 horas-hombre (si Total EF \leq 2)

CF = 28 horas-hombre (si Total EF = 3 ó Total EF = 4)

CF = abandonar o cambiar proyecto (si Total EF \geq 5)

Total EF = Cant EF < 3 (entre E1 – E6) + Cant EF > 3 (entre E7 – E8)

Como Total EF = 1 + 0

Total EF = 1

CF = 20 horas-hombre (porque Total EF = 1)

Luego $E = 62.529 * 20$ horas-hombre

$E = 1250.58$ horas-hombre

3.5 Diagrama de despliegue

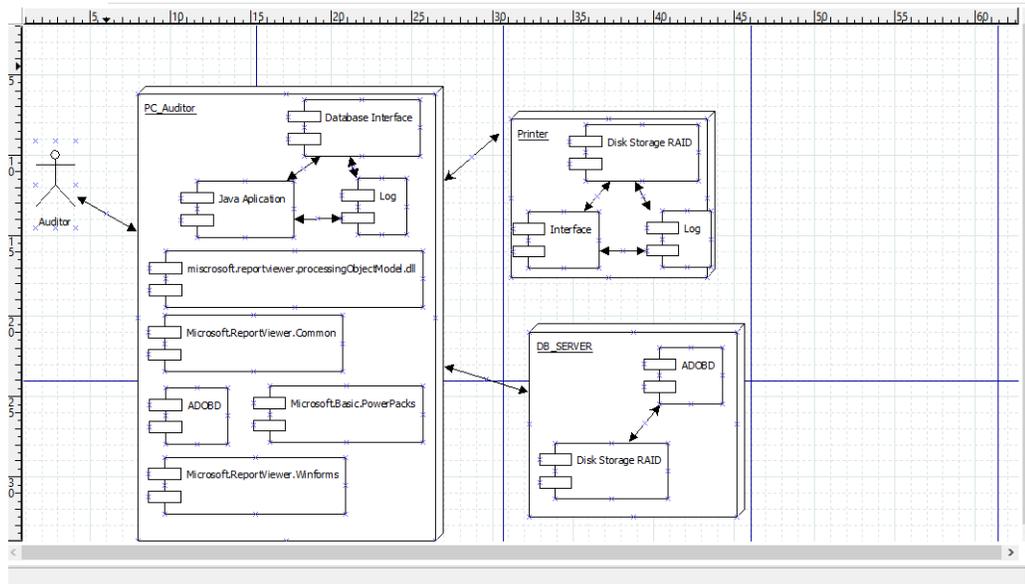


FIGURA 19. DIAGRAMA DE DESPLIEGUE

3.6 Beneficios tangibles e intangibles

El desarrollo del sistema aporta un considerable beneficio económico. El mayor aporte se enfoca en la disponibilidad de una herramienta informática ligera, que permitirá a los especialistas del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) en la Provincia de Cienfuegos, calcular y analizar la eficiencia y otros parámetros operacionales de los motores eléctricos asincrónicos en condiciones de campo. Dicha herramienta podrá ser utilizada en cualquier entidad estatal de nuestro país para beneficio del mismo y de sus recursos estatales. El CEEMA podrá comercializar este producto, así como preparar especialistas para hacer estudios de motor en las empresas que se lo soliciten.

Además de los beneficios tangibles que proporciona la implementación de este producto de software se generan los siguientes beneficios intangibles:

- Ahorro de tiempo.
- Se incorpora el estudio de factibilidad.

3.6.1 Análisis de costos y beneficios

Luego de realizar el análisis de factibilidad mediante Puntos de Casos de Uso, conocemos una estimación del tiempo de desarrollo del proyecto, igual a 3322.80 horas-hombre de desarrollo.

De acuerdo a las características del grupo de trabajo (cantidad de desarrolladores, salario básico), es posible obtener una estimación del costo del proyecto y de su duración.

Calculando para:

Salario básico: \$200.00

Cantidad de hombres: 3

Se obtiene que:

Duración del proyecto: 1107.6 horas

Si se trabaja

Al día: 8 horas.

En la semana: 40 horas.

En un mes: 160 horas.

El proyecto tendrá una duración de aproximadamente 7 meses y un costo de \$4 200.

El estudio del estado del arte realizado en el Capítulo #1 de la presente investigación arrojó, que existen en el mundo software que realizan estas tareas. Actualmente es muy elevado el costo de producción de software, debido a los altos precios que implantan en el mercado las grandes compañías productoras de herramientas informáticas destinadas para este fin.

La solución propuesta aporta varios beneficios tanto tangibles como intangibles, los cuales fueron descritos en el epígrafe anterior. El despliegue de esta aplicación en el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) en la provincia de Cienfuegos, mejorará el proceso de cálculo y análisis de la eficiencia de los

motores eléctricos asincrónicos en condiciones de campo. Por otra parte esta herramienta informática sienta las bases para el desarrollo de posteriores versiones del sistema. Por todo lo antes planteado se puede concluir que la implementación del módulo es factible.

Conclusiones

En este capítulo se muestra el diagrama de clases del diseño y el diagrama de clases persistentes. Se analizaron temas como: diseño de la interfaz, tratamiento de errores y ayuda. Además se realizó un análisis de factibilidad, utilizando el análisis de Puntos de Casos de Uso ya que esta técnica permite cuantificar el tiempo de desarrollo de un proyecto, independientemente del lenguaje de programación, las metodologías, plataformas y/o tecnologías utilizadas. Posteriormente teniendo en cuenta el costo y los beneficios que aporta con su Implantación, llegando a la conclusión de que un grupo de desarrollo de tres personas cumpliendo las etapas de análisis, diseño e implementación, trabajando 8 horas al día, 40 horas al mes, durante 7 meses, es suficiente. El desarrollo de este sistema tendrá un costo de \$4200.00.

Conclusiones

Se realizó un análisis del proceso de obtención de datos y cálculo de la eficiencia y otros parámetros operacionales de los motores eléctricos asíncronos, desarrollado por el CEEMA y se constató que no existe un software profesional con las características indicadas para esta labor.

Se desarrolló el sistema mediante la metodología seleccionada: Proceso Unificado de Desarrollo; garantizándose a través de sus diferentes etapas, que el sistema alcanzara las características deseadas.

A través de un estudio de factibilidad utilizando el análisis de Puntos de Casos de Uso y teniendo en cuenta los costos y beneficios, se concluyó que es factible la implementación del sistema.

Se implementó el sistema propuesto utilizando técnicas de programación orientada a objetos en un lenguaje de alto nivel.

Recomendaciones

Se recomienda ampliar el análisis de la eficiencia otros parámetros operacionales de los motores eléctricos asíncronos en varios estados de carga.

Referencias bibliográficas

Bibliografía

- [1] C. Verucchi, C. R. Ruschetti, y G. E. Kazlauskas, «Ventajas económicas y energéticas en accionamientos con motores de alta eficiencia», 2013.
- [2] R. Saidur, N. A. Rahim, y M. Hasanuzzaman, «A review on compressed-air energy use and energy savings», 2010.
- [3] H. Li y R. Curiac, «Motor efficiency, efficiency tolerances and the factors that influence them», 2010.
- [4] C. J. Verucchi, C. R. Ruschetti, y G. E. Kazlauskas, «High Efficiency Electric Motors: Economic and Energy Advantages.», pp. 1325-1331, 2013.
- [5] P. Waide y C. U. Brunner, «Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems.», *Working Paper, International Energy Agency.*, 2011.
- [6] 2014 ISO, «Energy audits — Requirements with guidance for use.» 2014. [En línea]. Disponible en: www.iso.org
- [7] J. Fong, A. Silva, F. Ferreira, y D. A. & De Almeida, «System Standards as a Tool to Boost the Efficiency of Electric Motor Driven Systems Worldwide.», n.º IEC61800-9, 2020.
- [8] A. Kluczek y P. Olszewski, «Energy audits in industrial processes», *J. Clean. Prod.*, vol. 142, pp. 3437-3453, ene. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.10.123.
- [9] A. Boharb, A. Allouhi, R. Saidur, T. Kousksou, y A. Jamil, «Energy conservation potential of an energy audit within the pulp and paper industry in Morocco», *Elsevier*, vol. 149, pp. 569-581, 2017.
- [10] M. S. Prashanth *et al.*, «A Multi Faceted Approach To Energy Conservation In Foundries», *Procedia Eng.*, vol. 97, pp. 1815-1824, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.335.
- [11] M. Stamenic, G. Jankes, N. Tanasic, T. M., y T. & Simonovic, «Energy audit as a tool for improving overall energy efficiency in Serbian industrial sector. 2nd International Symposium on Environment Friendly Energy and Applications», pp. 25-27, 2012.
- [12] E. A. Abdelaziz, R. Saidur, y s & Mekhilef, «A review on energy saving strategies in industrial sector.», pp. 150-168, 2011.
- [13] R. M. Lazzarin y M. Noro, «Energy efficiency opportunities in the service plants of cast iron foundries in Italy», *Int. J. Low-Carbon Technol.*, may 2016, doi: 10.1093/ijlct/ctw011.
- [14] A. Aranda-Uson, G. Ferreira, M. Mainar-Toledo, S. Scarpellini, y E. & Sastresa, «Energy consumption analysis of Spanish food and drink, textile, chemical and non metallic mineral products sectors.», pp. 477-485, 2012.

- [15] J. Fresner, F. Morea, C. Krenn, J. Uson, y F. & Toamsi, «Energy efficiency in small and medium enterprises: Lessons learned from 280 energy audits across Europ.», pp. 1650-1660, 2017.
- [16] N. Tanasic, G. Jankes, M. Stamenic, A. Nikolic, M. Trnini, y T. Simonovic, «Potentials for reducing primary energy consumption through energy audit in the packaging paper factory», nov. 2014, pp. 1-5. doi: 10.1109/EFEA.2014.7059957.
- [17] G. Aadithya, «Application of energy value stream mapping as auditing tool for non-value added industrial energy management. 3rd International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES).», pp. 62-66, 2016.
- [18] S. K. Rajput y O. Singh, «Energy audit in textile industry: a study with ring frame motor», en *2016 International Conference on Control, Computing, Communication and Materials (ICCCCM)*, 2016, pp. 1-4.
- [19] C. M. Man, M. H. Chen, y G. B. & Hong, «Energy conservation status in Taiwanese food industry.», 2012, [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421512006374>
- [20] J. A. Narváez y S. A. & Mosquera, «Método de auditoría energética para motores eléctricos acorde a ISO 50002:2014. Caso de estudio.», pp. 75-85, 2019.
- [21] K. Kulterer y D. & Presch, «Energy Audit Guide for Motor Driven Systems. Recommended Steps and Tools. EMSA.», pp. 52-62, 2018.

Glosario de términos

BD (Base de Datos): Banco de información que contiene diversos datos categorizados de distinta manera, pero que comparten entre sí algún tipo de vínculo o relación que busca ordenarlos y clasificarlos en conjunto.

CU (Caso de Uso): Secuencia de interacciones que se desarrollarán entre un sistema y sus actores en respuesta a un evento que inicia un actor principal sobre el propio sistema.

IDE (Entorno de Desarrollo Integrado): Aplicación informática que proporciona servicios integrales para facilitarle al desarrollador o programador el desarrollo de software.

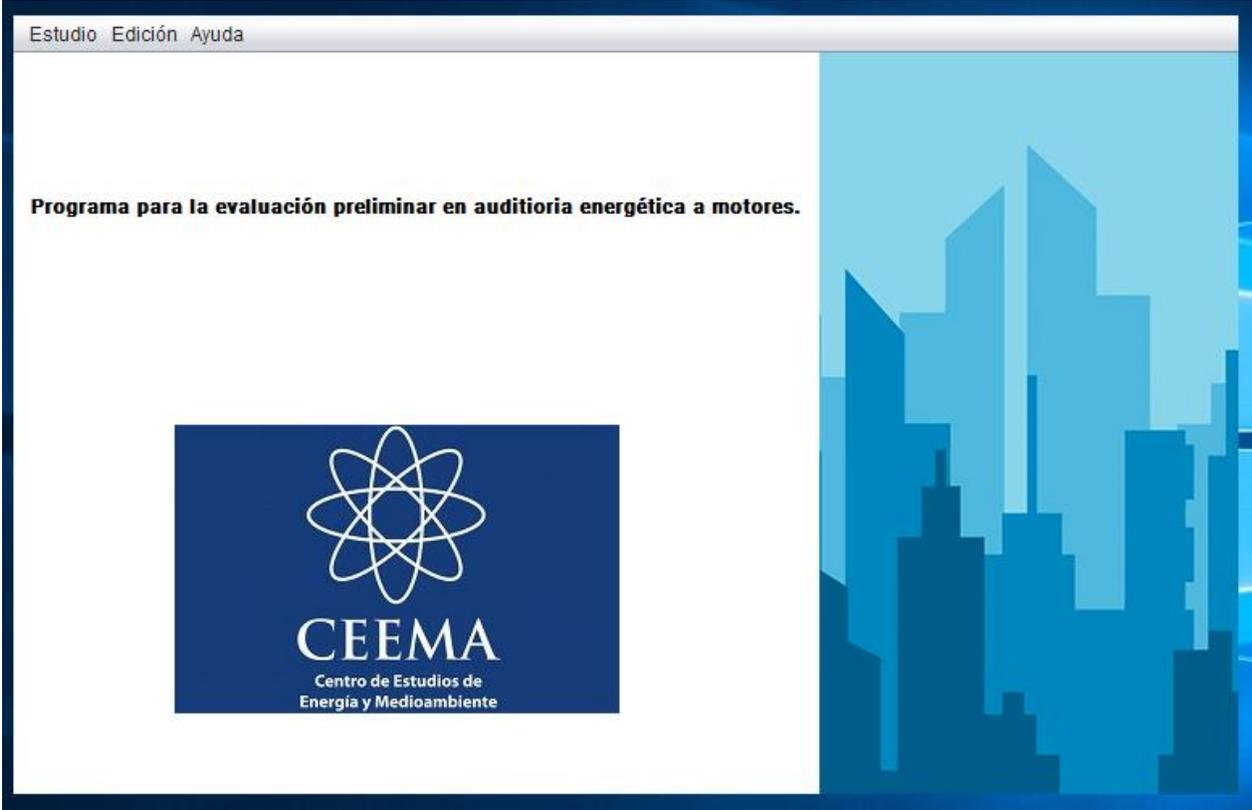
PDF (Formato de Documento Portátil): Formato de almacenamiento para documentos digitales independiente de plataformas de software o hardware. Este formato es de tipo compuesto (imagen vectorial, mapa de bits y texto).

SQL (Lenguaje de Consulta Estructurado): Lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en ellas.

TCP/IP: El conjunto TCP/IP tiene un grado muy elevado de fiabilidad, es adecuado para redes grandes y medianas, así como en redes empresariales. Se utiliza a nivel mundial para conectarse a Internet y a los servidores web.

XML (Lenguaje de Marcas Extensible): Utilizado para almacenar datos en forma legible. Permite definir la gramática de lenguajes específicos para estructurar documentos grandes.

Anexo 1:
Pantalla Principal



Anexo 2:

Generalidades de la empresa.

X

Generalidades de la Empresa

Datos de la Empresa :

Nombre de la Entidad:

Organismo:

Dirección:

Teléfono:

Planta o proceso que se audita:

Auditor energético:

Fecha de Iniciación de la Auditoría:

Información acerca del uso de la energía :

Consumo Total de Electricidad MWh/año

Costo Total de Electricidad CUP/año

Precio de la electricidad CUP/KWh

Información para estudios de rentabilidad.

Tasa de Interés Bancario %

Impuesto sobre las ganancias %

Introducir Generalidades

Volver

Anexo 3:

Toma de decisiones.

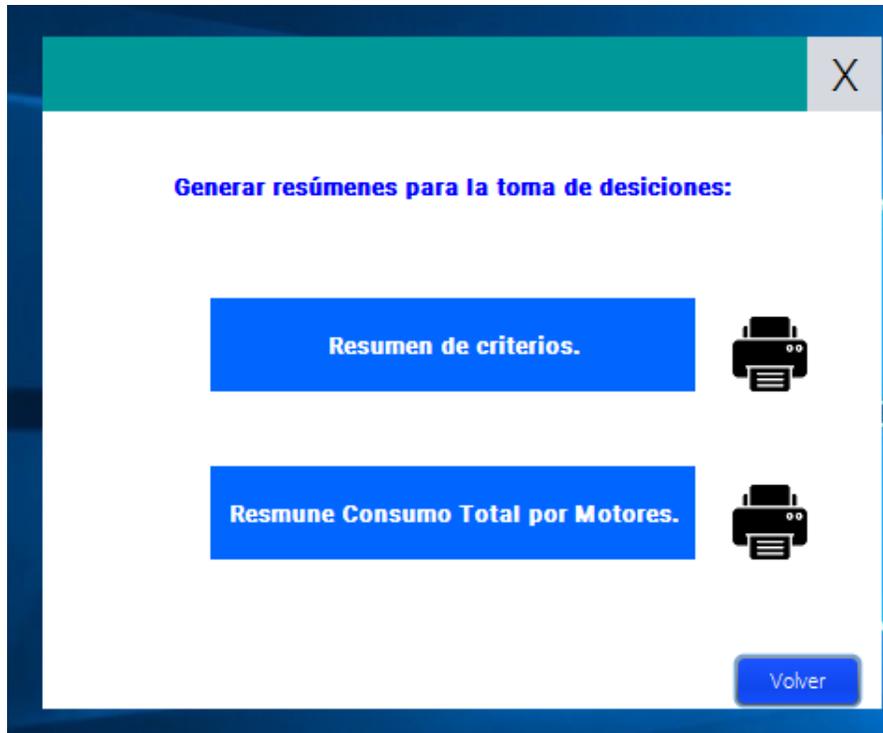
Toma de decisiones :
X

Especificaciones de la empresa:		Aplicación :	Bomba	<input type="checkbox" value="si"/>
Parte del consumo debido a los motores (MWh/año) :	<input type="text" value="1800"/>		Ventilador	<input type="checkbox" value="si"/>
Número de Motores Instalados:	<input type="text" value="198"/>		Compresor de aire	<input type="checkbox" value="no"/>
			Compresor de refrig.	<input type="checkbox" value="no"/>
			Transportador	<input type="checkbox" value="no"/>
			Otros	<input type="checkbox" value="no"/>
Criterios de Seleccion:		Criterios seleccionados :	<input type="text" value="3"/>	
Tasa de realización del máximo potencial de ahorro en %	<input type="text" value="80"/>			
Envejecimiento mayor de x años	<input type="text" value="12"/>			
Tiempo de Operación anual, mayo de x horas	<input type="text" value="3000"/>			
Tamaño del motor, mayor de x kw	<input type="text" value="5,5"/>			
Motores Rebobinados, mas de x rebobinados	<input type="text" value="2"/>			
El motor dispone de convertidor de frecuencia	<input type="text" value="no"/>			

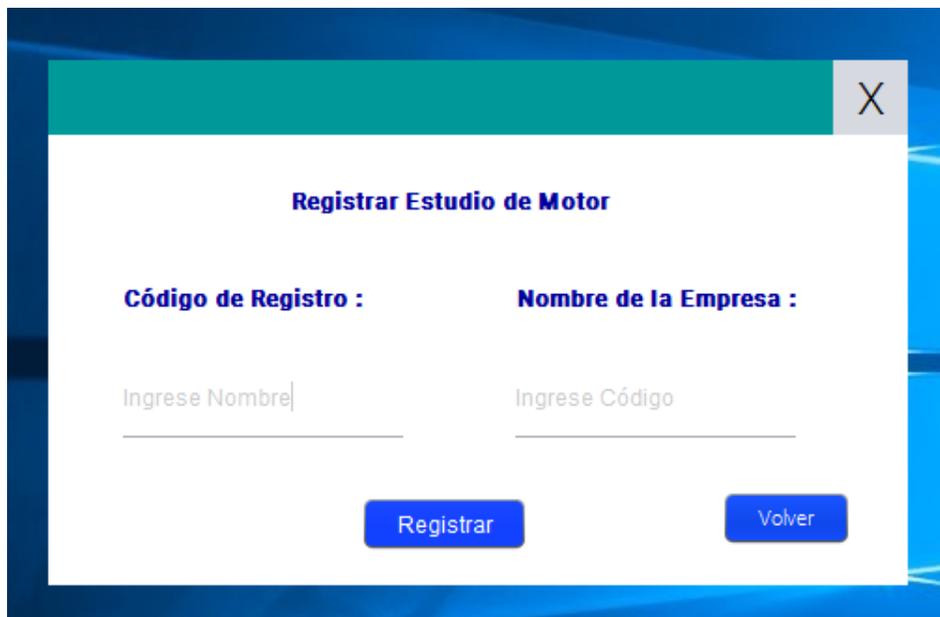

Introducir Datos

Activar Windows. [Volver a Configuración](#)

Anexo 4:
 Generar Resúmenes.



Anexo 5:
Registrar Estudio de Motor



Anexo 6:
Agregar un nuevo motor.

X

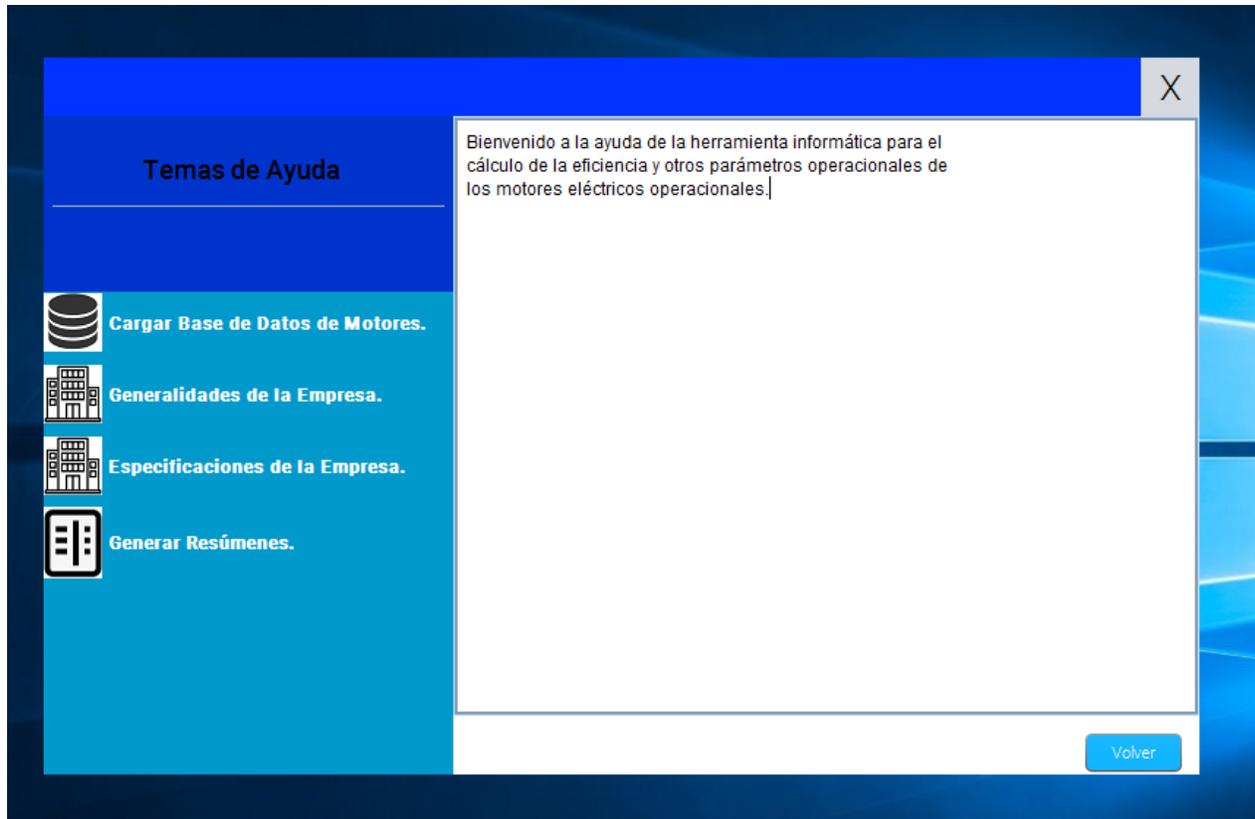
Agregar un nuevo motor :

ID	<input type="text" value="M-47"/>	Aplicación :	<input type="text" value="bomba"/>
Carga que Acciona.	<input type="text" value="Silo"/>	Año de fabricación :	<input type="text" value="2006"/>
Potencia nominal	<input type="text" value="8"/>	Tiempo anual de operación :	<input type="text" value="7000"/>
Factor de carga Medido	<input type="text"/>	Veces que ha sido rebobinado :	<input type="text"/>
Velocidad de rotacion	<input type="text" value="3480"/>	Dispone de Variador de Velocidad	<input type="text" value="SI"/>
Tension Nominal	<input type="text" value="460"/>		
Corriente Nominal	<input type="text" value="14.3"/>		
Clase de eficiencia	<input type="text"/>		

 **Agregar Motor**

Volver

Anexo 7:
Temas de Ayuda



Anexo 9

Información del Sistema



Anexo 2