

Diseño De Un Sistema De Navegación Virtual Al Interior De Una Instalación Industrial Para El Apoyo A Procesos De Mantenimiento

Lina María Hernández Vargas

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniera de Sistemas e Informática

Director

**PhD. Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira
Doctor en Informática**

**Universidad Industrial De Santander
Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela De Ingeniería De Sistemas E Informática
Bucaramanga
2018**

Dedicatoria

A mi madre por su apoyo incondicional a cada paso de este camino que es la vida universitaria, formarme como persona, mujer y profesional.

Mi padre, por su amor, cariño, esmero al educarme y más importante, estar siempre presente cuando más se le necesita en todos los momentos de mi vida.

José Darío, mi hermano, quien, a pesar de la distancia, fue y será mi ejemplo en la vida profesional e ingenieril.

Camilo, mi hermano, a quien estoy unida por un lazo más fuerte que el de la sangre, como lo son la confianza y la confianza.

A mi familia materna y paterna, por su apoyo constante.

A mis amigos de todas las etapas de mi vida.

Lina María Hernández Vargas

“A veces, la persona que nadie imagina capaz de nada es la que hace cosas que nadie imagina” -

Alan Turing

Agradecimientos

Principalmente agradecerle a Dios por darme la vida y permitirme llegar hasta este punto de mi carrera, por cuidarme en cada paso de mi vida profesional y personal.

Mi padre, mis hermanos, la familia de mi padre y de mi madre, pero especialmente a mi madre, quien a pesar de todas las vicisitudes de la vida siempre confió en mí y me formo para ser la excelente mujer que ahora soy, reflejo de lo que ella es y siempre será.

A la Universidad Industrial de Santander, por abrirme sus puertas y permitirme ser parte de su comunidad en todos los aspectos que fuera posible, estudiantil, cultural, personal, académico y aún más importante el profesional, especialmente al profesor Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira por asumir el reto en el desarrollo de este proyecto, darme autonomía para la toma de decisiones, corregirme, guiarme de manera correcta y apoyarme para poder lograr mis metas profesionales.

A mis amigos de la infancia, de estudios, del grupo de teatro UIS, del grupo de investigación CAGE e integrantes junto conmigo de la plancha del Centro de Sistemas e Informática, gracias por cada buen momento, cada risa, cada diálogo constructivo y por brindarme su amistad, todo eso también forma parte de mi formación personal y profesional.

Al Ing. Helio Ruber López Carreño, que es de cierta manera el codirector de este proyecto de grado, gracias por su ayuda, colaboración y paciencia en el desarrollo de este.

Al Ing. Henry Jiménez, mi amigo y compañero, quien sobre la última parte del camino en el desarrollo del este proyecto me tendió su mano para ayudarme y poder cumplir mi meta.

Tabla de Contenido

| | Pág. |
|--|-------------|
| Introducción | 17 |
| 1. Objetivos..... | 18 |
| 1.1Objetivo General | 18 |
| 1.2Objetivos Específicos..... | 18 |
| 2. Marco De Referencia..... | 19 |
| 2.1 Marco Teórico de Entorno | 19 |
| 2.1.1 Definición | 19 |
| 2.1.2 Clasificación exacta de los edificios..... | 19 |
| 2.2 Marco Teórico Tecnológico | 20 |
| 2.2.1 Recorrido Virtual | 20 |
| 2.2.2 Lenguajes Web | 21 |
| 2.2.3 Base de datos | 22 |
| 3. Estado Del Arte..... | 25 |
| 4. Metodología | 27 |
| 4.1 Etapas del modelo de prototipos | 31 |
| 5. Desarrollo del Proyecto..... | 32 |
| 5.1 Enfoque del proyecto | 32 |
| 5.1.1 Diseño Propotipo | 33 |
| 5.2 Componentes del sistema..... | 36 |
| 5.2.1 Modulo de visualización..... | 36 |
| 5.2.2 Modulo y Maquinaria de mantenimiento | 39 |
| 5.2.3 Modulo de usuarios | 40 |
| 5.3 Trabajo Futuro..... | 41 |
| 6. Implementación..... | 42 |

| | |
|---|----|
| 6.1 Modulo de visualización | 42 |
| 6.2 Modulo de maquinaria y mantenimiento | 51 |
| 6.3 Modulo de usuarios | 52 |
| 6.4 Puesta de producción del sistema..... | 53 |
| 7. Pruebas | 55 |
| 7.1 Pruebas de prototipado | 55 |
| 7.1.1 Validación interfaz de usuario | 56 |
| 7.1.2 Validación de conexión,muestra y actualización de datos | 57 |
| 7.2 Pruebas de usabilidad | 58 |
| 7.2.1 Analisis de resultados de pruebas de usabilidad | 59 |
| 8. Conclusiones..... | 67 |
| Bibliografía | 68 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Metodología de Trabajo | 24 |
| Figura 2 Enfoque general del proyecto | 28 |
| Figura 3 Prototipo 1 | 29 |
| Figura 4 Prototipo II..... | 31 |
| Figura 5 Nodo de visualización | 33 |
| Figura 6 Ruta de Visualización..... | 34 |
| Figura 7 Interacción del usuario | 34 |
| Figura 8 Flujo de trabajo de imágenes | 42 |
| Figura 9 División de panorámicas | 45 |
| Figura 10 Gráfico perfiles de usuario | 60 |
| Figura 11 Gráfica de tiempo promedio | 61 |
| Figura 12 Gráfico interés de información del sistema | 62 |
| Figura 13 Gráfico dificultad de utilización del sistema | 62 |
| Figura 14 Gráfico reacciones globales del sistema..... | 63 |
| Figura 15 Gráfico funcionalidad en pantalla | 63 |
| Figura 16 Gráfico terminología de la información | 64 |
| Figura 17 Gráfica aprendizaje con el sistema | 64 |
| Figura 18 Gráfico capacidad y velocidad del sistema | 65 |
| Figura 19 Gráfico agrado y seguridad del sistema..... | 65 |

Lista de Tablas

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Tipo de usuario funciones y perfiles..... | 57 |
| Tabla 2. Resultado prueba de prototipado | 57 |
| Tabla 3. Resultado segunda prueba de prototipado | 58 |
| Tabla 4. Resultado prueba de validación de datos | 58 |

Lista de Imágenes

| | Pág. |
|--|-------------|
| Imagen 1. Primera Imagen Panorámica Tomada. Fuente: Cam 360° | 39 |
| Imagen 2. Venta de inicio Pano2vr 4.5.0 Fuente: Captura pantalla programa | 42 |
| Imágen 3. Venta de inicio Panovr 5.2.2 Fuente: Captura pantalla programa | 42 |
| Imagen 4. Limitación de número de panorámicas Fuente: Captura pantalla Pano2vr | 44 |
| Imagen 5. Creación de Plantilla de Sistema de navegación Fuente: Captura pantalla Pano2vr. | 44 |
| Imagen 6. Imágenes no enlazadas Fuente: Captura pantalla Pano2vr | 45 |
| Imagen 7. Interfaz visualización | 48 |
| Imagen 8. Interfaz maquinaria | 49 |
| Imagen 9. Interfaz de mantenimiento | 50 |
| Imagen 10. Interfaz de usuario..... | 51 |

Lista de Anexos

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Requerimientos..... | 33 |
| Anexo 2. Diagramas Casos De Uso..... | 38 |
| Anexo 3. Diagramas De Actividades..... | 38 |
| Anexo 4. Código Html Base..... | 45 |
| Anexo 5. Código Xml Base..... | 45 |
| Anexo 6. Código Js..... | 46 |
| Anexo 7. Fragmento Código Para Panorámicas..... | 47 |
| Anexo 8. Plan De Pruebas De Usabilidad..... | 51 |
| Anexo 9. Plan De Pruebas De Prototipado..... | 51 |
| Anexo 10. Manual De Ingreso Al Sistema..... | 51 |
| Anexo 11. Encuesta De Usabilidad..... | 51 |
| Anexo 12. Estadísticos De Prueba..... | 60 |
| Anexo 13. Análisis De Datos..... | 61 |
| Anexo 14. Usuario1_Prueba_Operario..... | 61 |
| Anexo 15. Usuario2_Prueba_Operario..... | 61 |
| Anexo 16. Usuario3:Encuesta_Usabilidad..... | 61 |
| Anexo 17. Usuario4_Prueba_Operario..... | 61 |
| Anexo 18. Usuario5_Encuesta_Usabilidad..... | 61 |
| Anexo 19. Usuario6_Encuesta_Usabilidad..... | 61 |
| Anexo 20. Usuario7_Encuesta_Usabilidad..... | 61 |
| Anexo 21. Usuario8_Encuesta_Usabilidad..... | 61 |
| Anexo 22. Usuario9_Encuesta_Administración..... | 61 |

| | |
|---|----|
| Anexo 23. Usuario10_Encuesta_Usabilidad | 61 |
| Anexo 24. Usuario11_Encuesta_Usabilidad | 61 |
| Anexo 25. Usuario12_Encuesta_Usabilidad | 61 |
| Anexo 26. Usuario13_Encuesta_Usabilidad | 61 |

Nota: Los Anexos Se Encuentran En Carpeta Adjunta En C

Lista de Símbolos y Abreviaturas

| Abreviatura | Descripción Extendida |
|--------------------|---------------------------------|
| CSS | Cascading Style Sheets |
| HTML | Hyper Text Markup Language |
| JS | JavaScript |
| PHP | Hypertext Preprocessor |
| REST | Representational State Transfer |
| XML | Extensible Markup Language |
| SQL | Structured Query Language |

Glosario

Enlace Web: Término utilizado en el proyecto para referirnos a los enlaces URL

Hotspots: puntos de interacción al interior del recorrido virtual, utilizados para mostrar información, imágenes, videos, etc.

Portabilidad: Capacidad de un programa software de ejecutarse en múltiples plataformas o arquitecturas con las más mínimas modificaciones necesarias

Recorrido Virtual: se llama así a la experiencia del usuario al interactuar con imágenes 3D de un mundo irreal que puede o no asemejarse o ser igual a la realidad tal como la conocemos. Dicho mundo irreal es llamado Exposición Virtual

Stichado: puntos o marcadores utilizado para realizar transiciones entre imágenes, generando la sensación navegación en el ambiente de una manera más precisa.

URL: Acrónimo utilizado para referirnos al Identificador de Recursos Uniforme (Uniform Resource Identifier), el cual consiste en una cadena de caracteres que se utiliza para enlazar un recurso disponible en la Internet

Resumen

Título: Diseño De Un Sistema De Navegación Virtual Al Interior De Una Instalación Industrial Para El Apoyo A Procesos De Mantenimiento¹

Autora: Lina María Hernández Vargas²

Palabras Clave: Navegación, Virtual, Datos, Mantenimiento, PHP, Xml.

Descripción:

En la actualidad las empresas buscan nuevas formas de gestionar recursos importantes como la maquinaria indispensable para su actividad laboral. No solo para la adecuada utilización de estos recursos, sino también para que el usuario pueda realizar sus labores de manera más segura y confiable al procedimiento comúnmente planteado por muchas empresas para el área de soporte y mantenimiento.

Teniendo en cuenta esta necesidad, se creó un prototipo de sistema de apoyo a las labores de mantenimiento de maquinaria industrial que provee mecanismos, información relacionada con procesos, y un sistema de gestión y visualización de información, con el objetivo de evitar cuanto sea posible una visita física por parte de los usuarios al entorno operativo, reduciendo los costos de mantenimiento, considerando factores que se relacionan con la seguridad de los operarios, entre otras razones que están relacionadas enteramente con el campo del mantenimiento y soporte técnico.

Por lo anterior, se planteó un diseño estructurado basado en las necesidades únicas del usuario gracias a los mecanismos y procesos del desarrollo del software, que permite por una serie de pasos necesarios en el diseño, implementación, verificación y pruebas del diseño del software, satisfaciendo a cabalidad con las necesidades para las cuales fue diseñado el sistema.

¹ Trabajo de grado

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.
Director: Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira, Ingeniero de sistemas.

Abstract

Title: Design Of A Virtual Navigation System Inside An Industrial Installation To Support Maintenance Processes ³

Authors: Lina María Hernández Vargas⁴

Keywords: Navigation, Virtual, Data, Maintenance, Php, Xml.

Description:

Today, companies are looking for new ways to manage important resources such as machinery that is indispensable for their work Activity. Not only for the proper use of these resources, but also for the user to be able to do their work more safely and reliably to the procedure commonly posed by many companies for the area of support and Maintenance.

Taking into account this need, a prototype of a system of support for the maintenance work of industrial machinery that provides mechanisms, information related to processes, and a system of management and visualization of information was created, with the objective of To avoid as much as possible a physical visit by the users to the operating environment, reducing the maintenance costs, considering factors that relate to the safety of the operators, among other reasons that are related entirely to the field of maintenance and technical support.

Therefore, a structured design based on the user's unique needs was raised thanks to the mechanisms and processes of the software development, which allows for a series of necessary steps in the design, implementation, verification and testing of the design. Of the software, fully satisfying the needs for which the system was designed.

³Bachelor Thesis

⁴ Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. School of Systems Engineering and informatics. Director: Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira, systems engineer.

Introducción

Las instalaciones industriales siempre han buscado la manera de mejorar los procesos que se realizan en su interior. Estos procesos, complejos y estructurales, se extienden a varios ámbitos: administrativo, operativo, de calidad, cadena de producción, mantenimientos y desarrollo, entre otros. En el campo industrial existen inconvenientes que se encuentran relacionados con el ámbito del mantenimiento de máquinas a la hora de agilizar tiempos. Este factor es importante si se tiene en cuenta que los tiempos en la industria acarrearán costos considerables con respecto a las tareas que se dejan de realizar y que existen riesgos latentes e imprevistos que pueden generar fallas en la maquinaria por cuestiones que tienen que ver con limpieza, caída de red, falta de mantenimiento o, simplemente, mal mantenimiento.

Se contrata personal con conocimientos básicos de mantenimiento de equipos, para realizarles limpiezas o ajustes fuera del tiempo requerido de la máquina para prevenir que esta deje de funcionar, pero los conocimientos del personal que destinan a esta labor tiende a ser tan limitado que solo permite que este realice una limpieza de los componentes de la máquina, pero no posee el conocimiento para determinar en qué estado se encuentra o si es necesario adquirir nuevas partes para el funcionamiento óptimo de la máquina.

Otro problema que se presenta constantemente frente a los mantenimientos es el desconocimiento de las condiciones de trabajo y estado actual de la maquinaria, esto haciendo referencia a los parámetros en los cuales está establecido que esta funcione de manera óptima, varios de los casos de mantenimiento estudiados, determinaron que el no tener conocimiento de la capacidad de la máquina, la temperatura a la cual debe funcionar, el tiempo mínimo y máximo de funcionamiento para un proceso o incluso cuánto peso puede soportar, son las mayores causas de avería en los equipos, debido a que están sobre cargándose hasta sus puntos máximos o

trabajan de manera forzada debido a que las acciones realizadas son muy pocas para alcanzar las condiciones mínimas en las cuales debe operan.

Así pues, este proyecto busca apoyar el proceso de mantenimiento, mediante un sistema de gestión y consulta de la información relacionada con la maquinaria fundamental para las labores de la empresa, así como programación y documentación del mantenimiento realizado a esta maquinaria.

Además de la importancia del proceso de mantenimientos, se busca disminuir sustancialmente la asistencia de manera presencial a la maquinaria por parte de los ingenieros o técnicos asignados, que puede verse limitado por condiciones de seguridad (ambientes hostiles) o asuntos económicos (costos de desplazamiento). Así, reducir las visitas **presenciales** generaría una reducción en los costos de movilización del técnico hasta el lugar en donde se encuentra la máquina, optimizaría los tiempos de mantenimiento y se garantiza en cierta medida la seguridad del usuario que elabora esta actividad.

Para alcanzar los objetivos planteados, se propone un sistema de gestión de la información alimentado por sensores ubicados en la maquinaria objetivo, que permita mediante un sistema de navegación por medio de captura de imágenes al estilo 360°, identificar las condiciones actuales de todas las componentes de la cadena de producción, principalmente de la maquinaria indispensable para el trabajo de la empresa, con un entorno dinámico en el que se pueda recolectar información útil para programar o realizar el mantenimiento de manera oportuna.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de navegación virtual en entorno web que permita la visualización al interior de una instalación industrial con la finalidad de apoyar los procesos de mantenimiento.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar un conjunto de necesidades para realizar procesos de mantenimientos de equipos industriales que se puedan apoyar a través de una navegación virtual.
- Aplicar un modelo de interacción para facilitar la visualización (o navegación) de operaciones al interior de las instalaciones industriales.
- Implementar el prototipo del sistema de navegación que permita identificar el estado de los equipos al interior de la instalación industrial y ayude en el proceso de mantenimiento.
- Realizar un conjunto de pruebas funcionales y de usabilidad al prototipo de sistema de navegación para validar su funcionamiento.

2. Marco De Referencia

2.1 Marco Teórico de Entorno

En primera medida para dar inicio al proyecto, se debe realizar un breve recorrido a lo que es un edificio o instalación de carácter industrial, para esto a continuación una corta definición y clasificación sobre dicho tema.

2.1.1 Definición. Los edificios industriales como su nombre lo indica son edificaciones de uso industrial, con diseños enfocados en el satisfacer funcionalmente las necesidades de la industria, ya sea para la producción y almacenamiento de bienes industriales, junto con obreros y máquinas que generan mencionados bienes; esta clase en particular de edificación se denomina “nave industrial”; por otra parte tenemos los edificios dedicados a que estos procesos industriales de producción, monitoreo y almacenamiento se mantengan en control, que es también conocido como las “oficinas industriales”, donde se encuentra relación directa con el funcionamiento en todo el sentido de la palabra, esto quiere decir, el manejo de normatividad, junta directiva, presidencia, etc.

2.1.2 Clasificación exacta de los edificios. El planificar la construcción de un edificio industrial, ya sea una planta industrial nueva o la ampliación de una existente, requiere tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Necesidades presentes y futuras de la empresa.
- Situación financiera.
- Condiciones económicas en general.
- Cambios en el mercado.
- Normas y reglamentos municipales que afecten en sí al edificio. [1]

2.1.2.1 Edificios de un solo piso. Se prefieren edificios de una planta cuando se buscan grandes superficies ininterrumpidas de piso. La importancia de la circulación continua de los materiales en procesos que se encuentran en un mismo nivel con el mínimo de obstrucciones es una circunstancia favorable para la construcción de instalaciones de una sola planta, aún en áreas donde el costo del terreno sea muy alto. [1]

Pueden ser construidas instalaciones grandes a un costo razonable, que proporcione espacios de trabajo con el mínimo de columnas, y por medio de lucernarios y ventiladores que proporcione luz y ventilación necesaria. Las estructuras de una sola planta se adaptan bien a los procesos en donde se requiera carriles para grúas. Determinar el espaciamiento de las columnas, un claro longitudinal de 12 a 14 metros, proporciona un diseño económico para las vigas de la mayoría de las construcciones de techos ligeros. La tendencia general de este tipo de construcción es por claros más amplios y menos columnas para obtener mayor flexibilidad de distribución de las instalaciones sobre el área utilizable del edificio industrial. [1]

Algunos factores de decisión:

- Cuando existe un bajo costo del terreno.
- Tiempo limitado para construir.
- Menor terreno perdido en columnas y escaleras.
- Se necesita de una mayor flexibilidad para futuros cambios en la instalación.
- Rutas de trabajo más eficientes.
- Inspección fácil y eficaz.
- Aprovechamiento de la iluminación y ventilación natural.
- Aislamiento de trabajos peligrosos.
- Bajo costo global de funcionamiento

2.1.2.2 Edificios de varias plantas. Estos edificios son ventajosos donde se desee la circulación por gravedad en los procesos, donde el terreno sea de área limitada, o donde el costo del terreno sea muy elevado. Para los tipos usuales de construcción y para cargas vivas en los entrepisos. [1]

Se considera económica una separación entre columnas de 12 a 14 metros en ambas direcciones. El piso superior de este tipo de edificios puede considerarse de una planta con claros más largos y un techo que proporcione iluminación interior y ventilación natural. [1]

Algunos factores de decisión:

- Cuando el costo del terreno es muy alto.
- Área limitada del terreno para construir.
- Existen cargas bajas correspondientes al producto y al equipo a utilizar.
- Utilización de la circulación por gravedad.

- Menos calor transmitido a través del techo [1]

2.2 Marco Teórico Tecnológico

Para este proyecto se ha decidido trabajar con las tecnologías en entorno web como lenguajes específicos de desarrollo y gestores de bases de datos, esto con la finalidad de hacer que el montaje del recorrido virtual sea más accesible, cómodo e interactivo para el usuario relacionado directamente con el sistema de navegación.

2.2.1 Recorrido Virtual. Un recorrido virtual es una presentación digital interactiva que combina varias imágenes panorámicas de 360° con elementos de navegación e información de alto contenido audio visual, logrando captar la atención del usuario al 100%, donde la experiencia de visitar un lugar y mostrar una oferta de producto o servicio se hace mucho más atractiva para un cliente a la hora de tomar una decisión de compra. [2]

2.2.1.1 ¿Cómo se realiza? Un fotógrafo se desplaza al sitio del que se quiere realizar el recorrido o visita virtual y realiza fotografías del lugar en cada punto que el cliente quiere mostrar. A continuación, se procesan las imágenes (cosidos o “stichado”) y se unen entre sí creando vínculos entre ellas para poder desplazarse de un punto a otro como si estuviéramos caminando en el lugar. [3]

Por medio de la tecnología de envolvimiento se reúnen imágenes se les realiza conexión para que el recorrido simula estar recorriendo el lugar con la mayor precisión que nos estas, planteando un método de programación web nos permite enlazar contenido VR (virtual reality)

2.2.2 Lenguajes Web. Desde los inicios de Internet, fueron surgiendo diferentes demandas por los usuarios y se dieron soluciones mediante lenguajes estáticos. A medida que pasó el tiempo, las tecnologías fueron desarrollándose y surgieron nuevos problemas a dar solución. Esto dio lugar a desarrollar lenguajes de programación para las webs dinámicas, que permitieran interactuar con los usuarios y utilizaran sistemas de Bases de Datos. [4] A continuación, se nombrarán un conjunto de lenguajes de programación diseñados para la web.

- PHP [4]
- HTML [5]
- JAVASCRIPT [4]
- Hojas de estilo CSS [6]

2.2.3 Base de datos. Una base de datos es una colección de información organizada de forma que un programa de ordenador pueda seleccionar rápidamente los fragmentos de datos que necesite. Una base de datos es un sistema de archivos electrónico. [7]

Las bases de datos tradicionales se organizan por campos, registros y archivos. Un campo es una pieza única de información; un registro es un sistema completo de campos; y un archivo es una colección de registros. Por ejemplo, una guía de teléfono es análoga a un archivo. Contiene una lista de registros, cada uno de los cuales consiste en tres campos: nombre, dirección, y número de teléfono. [7]

Para fines relacionados con el desarrollo del prototipo se utilizará una selección muy específica de gestores de bases de datos, entre estos se encuentran.

- MySQL [8]

- PostgreSQL [9]
- Oracle [10]

3. Estado Del Arte

Actualmente la metodología mediante la cual se programa, realiza y documenta el proceso de mantenimiento a las máquinas, es un tanto rudimentaria en el contexto nacional para la mayor parte de las empresas, pues en vez de llevar cada uno de los ciclos o clases de mantenimiento que existen, se tiende a mantener en funcionamiento la máquina hasta que llega a su punto de tope, en el cual se le realiza un mantenimiento forzoso e incluso en algunos casos peligroso para el personal que realizan esta operación directamente.

Existen los denominados sistemas de gestión de activos y mantenimiento, que consiste en obtener el máximo rendimiento de los bienes o recursos, es decir de todo aquello que tenga valor para una organización, relacionado con esto, el concepto de mantenimiento se asocia generalmente a un conjunto de actividades cuyo fin es conservar operativos los activos de la empresa, ejemplo de ello se encuentra Fracttal* de la compañía Microsoft, dedicada completamente a la gestión de activos y mantenimiento en diferentes tipos de industrias que cuentan con recursos tecnológicos para los cuales se hace necesario controlar su funcionamiento y operatividad; Fracttal cuenta con herramientas software (fracttal asset cloud), una plataforma de gestión de activos y mantenimiento en la nube, en la cual se puede monitorear el estado de la maquinaria de la empresa, así como programar y llevar registro de los mantenimientos, permitiendo también el manejo de la información generada por el sistema de monitoreo (fracttal box y fracttal on board) que son dos productos que permiten conectar maquinaria y transporte de carga al sistema de monitoreo en la nube, integrando todos los activos de la empresa.

Por otro lado, se encuentra eMaint* de la corporación Fluke, quien cuenta con un sistema de gestión de órdenes de trabajo, solicitudes de servicios, planeamiento de mantenimiento preventivo e inventario de piezas de repuesto, este sistema cuenta con funcionalidades similares

a la plataforma de Fractal, aunque los sensores que se integran en esta plataforma no se integran a la maquinaria y requieren de personal que maneje dichos sensores de forma presencial y carguen los datos en el sistema.

El desarrollo planteado en el proyecto actual busca integrar varias de las características de sistemas como los anteriormente mencionados, pero con una componente innovadora de visualización en 360° y recorridos en las instalaciones de la empresa, uno de los sistemas de visualización más conocidos que podemos encontrar en el mercado es google street view que permite un recorrido virtual a través de las ciudades del mundo y adicionalmente también cuenta con visualización indoor o dentro de las instalaciones o edificios de diferentes organizaciones.

Relacionando lo anterior, se puede determinar que existen sistemas de visualización en 360°, y que existen sistemas de gestión de mantenimiento y activos para las empresas, pero que al menos en la búsqueda realizada para este proyecto, no se encontraron sistemas comerciales que integren las tecnologías para brindar una solución y experiencia de usuarios distinta.

4. Metodología

Etapas del modelo de prototipos

La metodología de investigación y desarrollo que se utilizará a lo largo del proyecto está constituida por 5 etapas, en la etapa inicial número uno se realizará una adaptación tecnológica, seguido de esto se tiene tres etapas basadas en el desarrollo de prototipos evolutivos que permita desarrollar un prototipo que durante la etapa cinco será llevado a realizar pruebas en el prototipo con el fin de verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos, en la parte inferior se puede apreciar un esquema del flujo de trabajo que tendrán cada una de estas fases:

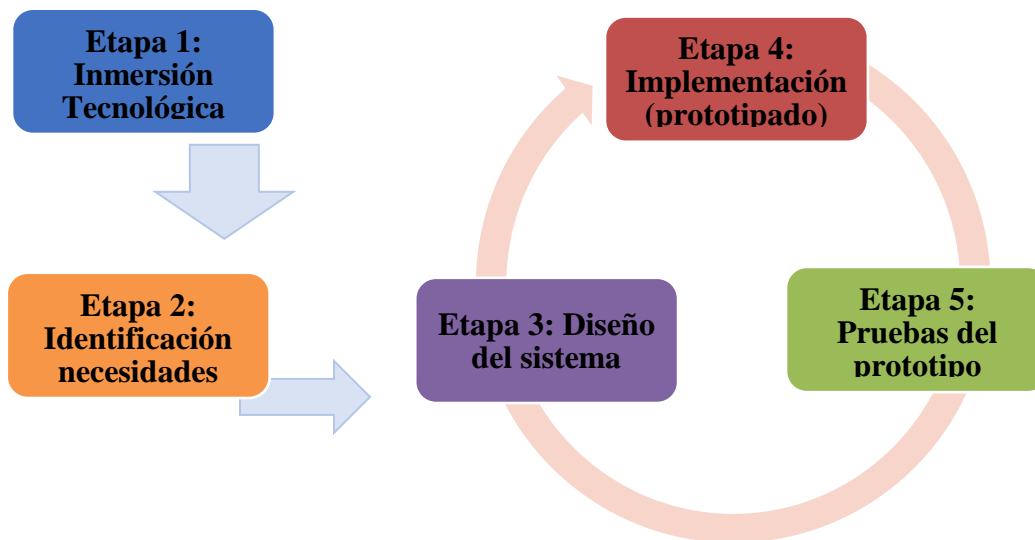


Figura 1. Metodología de trabajo

Etapa 1: Inmersión Tecnológica

Esta fase, por su carácter inicial y exploratorio, parte de la investigación teórica correspondiente

al marco teórico y el estado del arte sobre el que se fundamentan la naturaleza, el desarrollo y la ejecución del proyecto. Se espera que con esta indagación las personas relacionadas con el tema puedan tener una mejor comprensión sobre las particularidades técnicas propuestas para el desarrollo. Por otro lado, en esta fase se busca analizar y reconocer las herramientas disponibles en el mercado que puedan cumplir un objetivo similar al que cumpliría la herramienta en desarrollo.

En esta etapa también se realiza la verificación de tecnologías ya existentes para llevar a cabo los procesos que se desean realizar con el modelo de sistema de navegación.

Actividades:

- A1.1 Indagar bases teóricas relacionados con el proyecto.
- A1.2 Indagar tecnologías ya existentes útiles para el desarrollo.
- A1.3 Análisis de las posibles herramientas a utilizar para conocer su uso y funcionamiento.
- A1.4 Catalogar las herramientas similares disponibles en el mercado.

Productos:

- ❖ P1.1 Bases teóricas y estado del arte.

Etapa 2: Identificación necesidades

En el proceso de desarrollo de software una de las medidas para obtener un modelo adecuado de lo que se desea realizar es identificar un conjunto de requisitos o requerimientos que solicita el sistema. De esto deben ser muy conscientes el desarrollador pues genera una perspectiva más

clara de lo que se desea alcanzar y lograr con el proyecto.

Actividades:

- A2.1 Definición alcances del proyecto y características del sistema de navegación.
- A2.2 Definición del conjunto de funciones del sistema de navegación.
- A2.3 Delimitar la arquitectura del sistema de navegación.

Productos:

- ❖ P2.1 Especificación en tecnología que se implementará y funcionalidades del sistema de navegación.
- ❖ P2.2 Arquitectura del sistema de navegación.
- ❖ P2.3 Identificación de nociones para el diseño del prototipo del sistema de navegación

Etapa 3: Diseño del sistema

En la etapa tres, denominada de diseño, el diseñador del sistema traduce los requerimientos del sistema en diseños específicos como por ejemplo modelos de datos que luego se desarrollaran en una etapa posterior en la base de datos que estará disponible en el sistema de navegación.

También se toman en cuenta las herramientas generadoras de visualización, en esta fase diseñamos cada uno de los componentes, de manera que cada uno pueda cumplir sus objetivos y puedan integrarse.

Actividades:

- A3.1 Aplicar un modelo de interacción al interior de la instalación industrial.

- A3.2 Aplicar un interfaz de visualización del sistema de navegación.

Productos:

- ❖ P3.1 Modelo de prototipo del sistema de navegación para su desarrollo.
- ❖ P3.2 Diseño de interfaz de visualización del sistema de navegación.

Etapa 4: Implementación (prototipado)

Se da paso a la fase de despliegue que se llamara desarrollo e implementación, realizando continuación a la etapa anterior se realizará la fase de desarrollo, en la cual se generará un prototipo del sistema de navegación concorde con el modelo diseñado previamente, en esta fase se realizarán tomas de imágenes 360° utilizando una cámara de resolución media, con la finalidad de tener una aproximación lo más precisa posible, y así poder realizar la navegación en el interior de una instalación industrial, continuo a esto se realizarán los debidos procesos de desarrollo web, herramientas como HTML, SQL, JavaScript, que nos permitan acceder a la base de datos donde se encuentre la información necesaria para determinar el estado de la máquina, si es necesario o no realizarle un mantenimiento y alimentar el sistema de tickets que nos permita saber si se llevaron a cabo o no las labores de mantenimiento pertinentes.

Para la implementación se tomará forma y se empezará a observar las fortalezas y deficiencias del sistema de navegación, es por ello que se debe tener muy claro el entorno de programación adecuado para proceder de la mejor forma posible y así garantizar un producto con excelente calidad; en pocas palabras, en esta fase al implementar el prototipo del sistema de navegación, se analizará las funcionalidades pertinentes para conocer en qué estado se encuentra el software y poder llegar al mejor prototipo posible con la finalidad de pasar a la siguiente etapa.

Actividades:

- A4.1 Desarrollo del prototipo con las características del modelo diseñado.
- A4.2 Montaje del prototipo de sistema de navegación en la interfaz.
- A4.3 Desarrollo de plan para el desarrollo de pruebas.

Productos:

- ❖ P4.1 Prototipo del sistema de navegación.
- ❖ P4.2 Plan para las pruebas del prototipo.

Etapa 5: Pruebas del prototipo (validación)

En esta fase se realizarán las pruebas pertinentes para conocer en qué estado se encuentra el software y poder llegar al mejor prototipo posible para los propósitos que este proyecto desea cumplir.

Actividades:

- A5.1 Realizar pruebas del prototipo de sistema de navegación.
- A5.1 Realizar pruebas de usuario del sistema de navegación

Productos:

- ❖ P5.1 Resultados pruebas del prototipo.
- ❖ P5.2 Resultados pruebas de usuario

5. Desarrollo Del Proyecto.

Este apartado presenta el enfoque general del proyecto que contempla cada una de las etapas del diseño software. Posteriormente, se aborda el diseño específico de cada una de las partes del sistema y, finalmente, la noción de extensibilidad para el prototipo diseñado.

5.1 Enfoque Del Proyecto

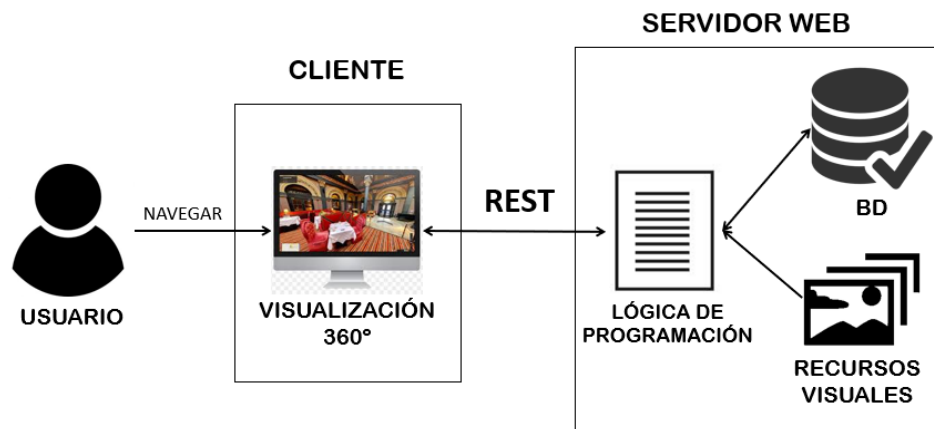


Figura 2. Enfoque general del proyecto.

El enfoque general del proyecto es crear un sistema de navegación por medio de un conjunto de imágenes de 360°, para apoyar la metodología de mantenimiento y soporte técnico dentro de una empresa, el cual posee una estructura fundamentada en la visualización de los equipos a los cuales se desea acceder de lado del cliente, soportados en la arquitectura disponible en el servidor, que brinda gestión de la información y acceso al contenido multimedia que permitiendo la visualización de los equipos.

5.1.1 Diseño Prototipo. Los prototipos diseñados durante la realización del proyecto son los siguientes:

5.1.1.1 Primer prototipo. El primer diseño de prototipo se basó en el enfoque que se tenía inicialmente planteado para el desarrollo del proyecto, el cual estaba centrado en el sistema de navegación mediante una visualización 360° y la consulta de información oportuna con respecto a los equipos que se pueden observar en la visualización, para ello el flujo de trabajo de este primer prototipo del diseño estaba configurado con 3 etapas que pueden apreciarse en la figura 3:

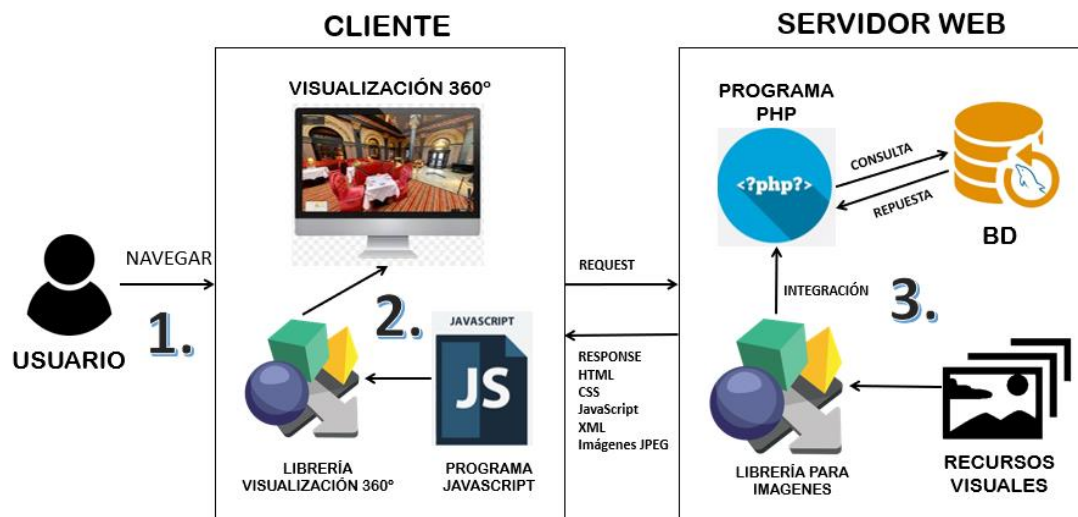


Figura 3. Diseño de Prototipo I.

Etapa 1: En el primer prototipo el usuario podrá navegar entre diferentes puntos de visualización, la navegación es posible realizarla con imágenes 360° y consultar información básica de las máquinas, que es información estática en base de datos. Este prototipo no cuenta con sistema de gestión y acceso de usuarios.

Etapa 2: La visualización de lado del cliente se logra mediante la integración de una librería que permite visualizar las imágenes panorámicas en 360°, para realizar esta integración fue necesario trabajar con programación en Javascript.

Etapa 3: Se programo en PHP la lógica de lado del servidor, que permite realizar consultas a la base de datos, conformando el primer conjunto estable de imágenes para la visualización que permite la navegación por un sector de las instalaciones por medio de los recursos visuales, los cuales se encuentran almacenados en el servidor web junto con el programa PHP y la base de datos.

5.1.1.2 *Diseño Prototipo II.* En el segundo diseño se integra la noción de visualización, con la noción de gestión de usuarios, maquinaria y mantenimiento asociado a dicha maquinaria, para ello el flujo de trabajo de este segundo prototipo del diseño estaba configurado con 6 etapas que pueden apreciarse en la figura 4:

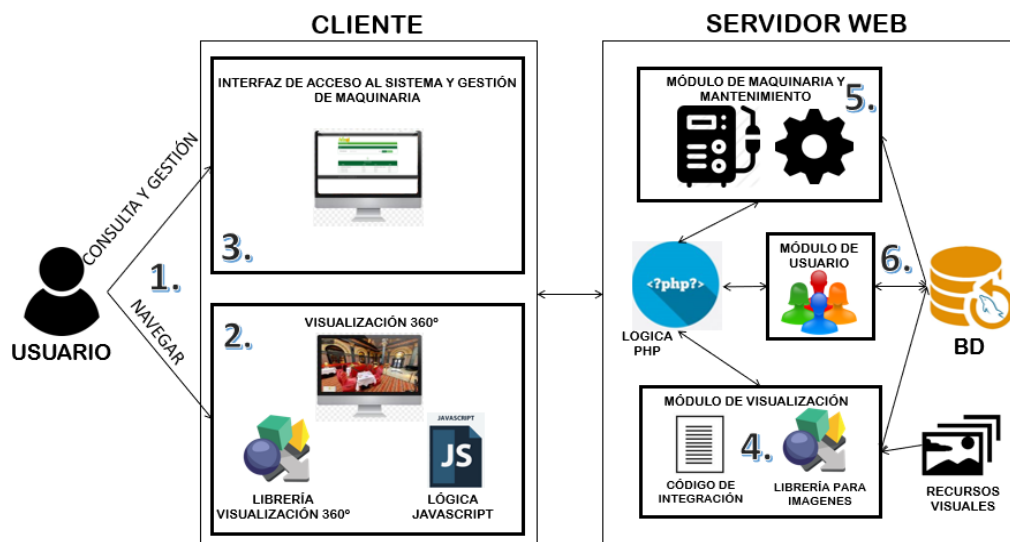


Figura 4. Diseño de Prototipo II.

Etapa 1: En este prototipo el usuario puede realizar navegación en 360°, en un recorrido más largo que permite apreciar la totalidad de la empresa, también puede consultar y gestionar la

información asociada a maquinaria y mantenimiento.

Etapa 2: Con la librería adaptada en el prototipo anterior, la cual se utiliza como base para realizar una configuración completa y más precisa de lo que se desea ver en el sistema de navegación y siendo esta la parte front-end del módulo de visualización, en el cual sigue siendo posible editar un programa JavaScript y los componentes WEB que genera la librería, para poder interrelacionar del módulo de navegación con los otros módulos que se encuentran en el sistema.

Etapa 3: se genera la interfaz de acceso al sistema y gestión de maquinaria, siendo el lugar donde se puede crear, editar y consultar toda la información que se encuentra enlazada al sistema.

Etapa 4: teniendo la configuración de la lógica PHP del prototipo anterior y el conjunto de imágenes, se alimenta en su totalidad el lugar de almacenamiento de los recursos visuales y por medio de la librería de imágenes y el código de integración al sistema se establece el módulo de visualización.

Etapa 5: una vez se realiza el análisis de requerimientos para las máquinas, se crea el módulo de maquinaria y mantenimiento, el cual va a realizar la función de informar los parámetros, estado y mantenimiento de las máquinas que se encuentren almacenadas en el interior de la base de datos, esto es visible en la interfaz de acceso y en el momento de realizar la navegación por medio del módulo de visualización.

Etapa 6: Se genera un módulo encargado de la gestión y el acceso de los usuarios al sistema, que no se implementó en el prototipo anterior, dado la complejidad del módulo de visualización.

5.2 Componentes Del Sistema

Para definir los componentes del sistema primero se definieron los requerimientos que debe tener el sistema completo, seguido de esto se desglosó por módulos y las partes que en ellos existen para un mejor entendimiento de cada uno.

Los requerimientos del sistema se pueden consultar en el documento anexo.

Anexo 1. Requerimientos

5.2.1 Módulo de visualización. Módulo donde se encuentra integrada la librería de visualización con los recursos visuales del sistema, este módulo se encuentra conectado a la lógica PHP de lado del servidor, es importante mencionar que la librería seleccionada también tiene una componente de lado del cliente permitiendo ver el resultado final de la unión de imágenes y también se encuentra conectado a la base de datos de donde extrae la información necesaria que se debe visualizar durante el recorrido. Para comprender mejor el funcionamiento del módulo de visualización, es importante explicar cómo se crea y genera los recorridos virtuales a partir de la noción de nodos de visualización.

- **Nodos de Visualización**

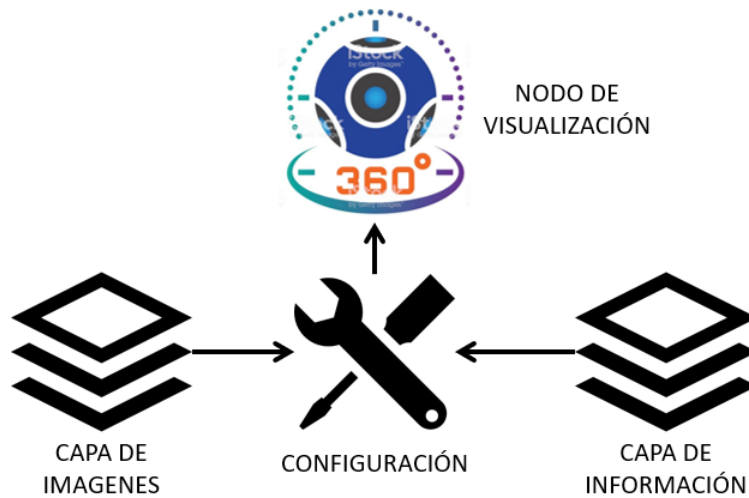


Figura 5. Nodo de visualización.

Los nodos de visualización son los puntos en donde se sitúa un usuario para que sea posible su navegación al interior de la visualización. En el sistema diseñado, estos nodos están compuestos por 2 capas, la capa de imágenes y la capa de información que se integran en la configuración realizada con ayuda de la librería y que permiten el resultado final en el recorrido.

- **Ruta de visualización (nodos enlazados)**

La ruta de visualización es la que se genera al conectar los puntos de visualización uno con otro generando la sensación de navegabilidad dentro del sistema al poder trasladarse de un punto a otro de las instalaciones.

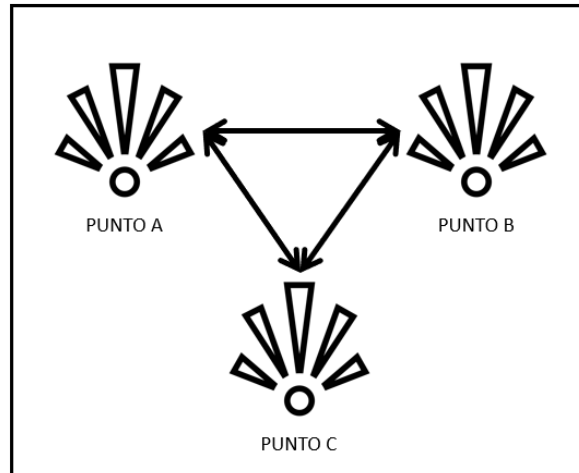


Figura 6. Ruta de visualización.

- **Interacción de usuario.**

La interacción del usuario con la navegación se realiza por medio del cursor, que permite la traslación sobre el eje y rotación de la imagen en cualquier punto que se encuentre, por medio del clic izquierdo del ratón puede realizar operaciones de transición entre panorámicas y muestra de información, y con la rueda puede realizar acercamiento y alejamiento de la imagen

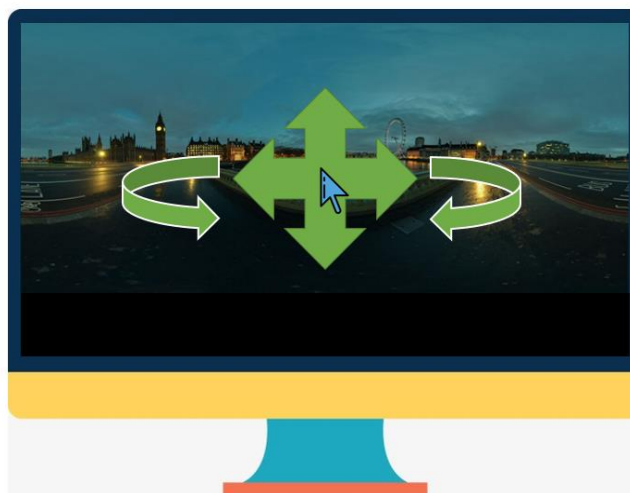


Figura 7. Interacción del usuario.

5.2.2 Módulo de maquinaria y mantenimiento. Es el módulo que permite consultar la información de las máquinas necesaria para la visualización y poder conocer el estado en el cual se encuentran, para determinar si es necesario realizar procesos de mantenimiento.

- **Maquinas**

Las máquinas son los elementos específicos necesarios de la visualización, de ellos se deben tener una cantidad determinada de información útil para la alimentación del sistema, esta información debe dar nociones de los parámetros de fábrica y el estado en el cual se encuentra para que sea posible realizar las actividades de mantenimiento, limpieza y actualización.

- **Mantenimiento**

El mantenimiento es la acción que se le realiza a las máquinas con el apoyo del sistema de navegación, debido a que el permite conocer el estado en el cual se encuentra y con respecto a esa información realizar una solicitud dentro del sistema o de manera manual por medio de la documentación que se encuentra al interior del sistema.

5.2.3 Módulo de Usuarios. Módulo en el que permite la interacción de los usuarios, que se realiza por medio de la interfaz de acceso del sistema, el módulo se encuentra encargado de manipular la información.

Para ello se definieron los tipos de usuario del sistema y que determina el perfil.

Definición de usuarios del sistema. A continuación, se caracterizan los diferentes usuarios o actores definidos en la fase de análisis del proyecto de desarrollo del sistema de navegación.

Tabla 1.

Tipo usuario, funciones y perfiles

| TIPO DE USUARIO | FUNCIONES DEL USUARIO |
|--|--|
| Administrador | <ul style="list-style-type: none"> - Alimentar el sistema con los equipos que van ingresando a la empresa. - Administrar el sistema parametrizando las diferentes opciones que posee. - Encargado de verificar el estado de los equipos por medio del módulo de navegación. |
| Supervisor | <ul style="list-style-type: none"> - Puede ver el estado de los equipos por medio del módulo de navegación. - Encargado de generar los tickets a los operarios para realizar los mantenimientos de los equipos de la empresa. |
| Operario | <ul style="list-style-type: none"> - Responsable de realizar los mantenimientos a los equipos y alimentar el sistema para evidenciar su labor. - Encargado de satisfacer la solicitud realizada por medio del ticket del mantenimiento a realizar. |
| <p>Perfiles. los perfiles son las características en las que puede estar el usuario, esto quiere decir que los perfiles es lo que limita la visibilidad a determinando componentes del sistema y no sólo visibilidad, sino edición y creación de nueva información dependiendo del perfil que se tenga.</p> | |

Fuente: Autora del Proyecto

Accesibilidad. Los usuarios pueden acceder al sistema mediante “user and login” que son asignados por el administrador del sistema

En el interior del sistema los usuarios pueden realizar determinadas acciones las cuales se definirá por medio de casos de uso y diagrama de actividades.

Casos de uso. es el método utilizado para obtener los requisitos necesarios que indiquen cómo interactúan los usuarios finales con sistema de navegación.

Anexo 2. Diagramas Casos De Uso

Diagramas de actividades. Muestra un proceso de software como un flujo de trabajo a través de una serie de acciones.

Anexo 2.1 Diagramas De Actividades

5.3 Trabajo Futuro.

Este proyecto puede continuar si se realizan la implementación de dispositivos ubicados al interior de la empresa como las cámaras en tiempo real que permita la actualización de las imágenes en un periodo de tiempo determinado, evitando todo el proceso de toma de imágenes el cual puede tener errores de tipo humano y de ambiente, también reduciendo el tiempo de producción del sistema de navegación en el que solo se le haría necesario crear una gestión dinámica de puntos de visualización que permita la navegación en la empresa.

Otros dispositivos que se pueden implementar son los sensores que se encuentran al interior de las máquinas, programados con los requerimientos específicos para que envíen la información de los equipos realizando la actualización de datos en tiempo real.

Debido al factor de mantenimiento que posee el proyecto, el análisis de la creación de un módulo de proveedores de repuestos que esté conectada con la solicitud de mantenimiento sería positivo para el mejoramiento del proceso, especificando qué tipos de repuestos necesita cada máquina y cada cuanto se hace necesario cambiar alguna parte a los equipos.

6. Implementación

En esta sección se describe la implementación del sistema, que se realizó acorde a la metodología de prototipos evolutivos adoptada en este proyecto, a continuación, se presenta la implementación de cada módulo que compone el sistema.

6.1 Módulo De Visualización

- **Herramientas para la toma de imágenes**

El primer aspecto que se analizó al inicio del desarrollo fue el del proceso de captura de las imágenes para el recorrido, cuáles son los dispositivos y tecnologías más indicados para hacer una aproximación muy cercana del espacio que se desea visualizar.

Así pues, se sugirieron múltiples mecanismos. Tras sopesar las posibilidades, el mecanismo escogido fue tomar las imágenes por medio de una cámara de 360° grados con toma de imágenes de manera cúbica con punto ciego, característico en la parte baja de la imagen, que permitía la posibilidad de que la persona que realizará las tomas no fuera incluida dentro de la imagen. Esta cámara contaba con su propio recurso tecnológico móvil, fácil de instalar en cualquier dispositivo que contará con sistema operativo Android.



Imagen 1. Primera imagen panorámica tomada - Fuente: Cam 360°

- **Proceso de toma de las imágenes.**

Determinando la fuente de las imágenes para la visualización, se debieron analizar los conocimientos necesarios para poder realizar el montaje del recorrido virtual, teniendo en cuenta que dentro de estos conocimientos también deben estar los de utilización de los recursos tecnológicos de los cuales se disponen.

Por lo anterior fue necesario realizar una capacitación en la utilización de la cámara, en la cual se explicó su uso óptimo y la necesidad de un dispositivo móvil o portable (tableta) que permitiera visualizar las imágenes a la par que eran tomadas en el preciso momento; esto permitió diseñar una idea de cómo se debía montar el recorrido, como se podría hacer una navegación un poco más exacta a lo ideal, teniendo en cuenta los pasos dados en el momento preciso de tomar cada una de las imágenes.

Previo a realizar alguna captura de imagen, se realiza un recorrido físico, con el fin de reconocer el entorno, esto para saber por dónde es posible caminar y por donde no, cuánto espacio es prudente dejar entre imágenes, perspectiva de luz, entre otros factores; este punto

también permitió realizar una idea mental de la arquitectura de la empresa para poder realizar un modelo o mapa vectorizado de apoyo que será incluido dentro del sistema de navegación.

Se debe aclarar que en este punto no se tuvieron en cuenta determinados factores de temperatura en el momento de captura de imágenes, debido a la variabilidad del ambiente las capturas pudieron ser más precisas, tanto al interior de la empresa como en el exterior, en el interior por las altas temperaturas dentro de la fábrica que sobrecalentaron la cámara y en el exterior por las lluvias inoportunas, lo que afectó un poco el diseño planteado ya que se realizaron muchas tomas las cuales en la visualización se puede denotar el cambio de hora del día, cantidad de luz o posición de la cámara, afectando un poco al realismo que se espera percibir a la hora de estar navegando dentro del sistema.

- **Herramientas para el tratamiento de las imágenes**

Antes de realizar el tratamiento a las imágenes, se debe definir una herramienta que permitiera la conjugación de los dos elementos, el lenguaje y la visualización. Se pensó en tecnologías ya establecidas por Google como Google Street View: Indoor, que es una modalidad de navegación diseñada para Google Maps que permite ingresar a lugares muy representativos de diferentes ciudades del mundo. Desafortunadamente, los recursos utilizados por Google para la utilización de este se encuentran muy limitados para desarrolladores, tanto así que solo permite la captura de imágenes del lugar, pero no la visualización o modificación del código base. Por lo tanto, se buscaron programas que con una licencia gratuita posibilita la edición de las imágenes y generará un código base alterable para poder desarrollar lo más característico del prototipo: la visualización del interior de la instalación y la muestra de la información que poseen cada una de las máquinas que se encuentran dentro de ella.

Los programas más sugeridos por las redes son Microsoft Image Composite Editor⁵, PhotoStitcher⁶, Pano2vr⁷, Panotour⁸, AutoStitch⁹, etc. Después de analizar las características de cada uno, en qué entornos permiten el desarrollo, qué tan entendible es y de qué manera está formulado su código base, se decidió utilizar el programa Pano2vr, mostrado a continuación en su pantalla inicial para las dos versiones utilizadas.

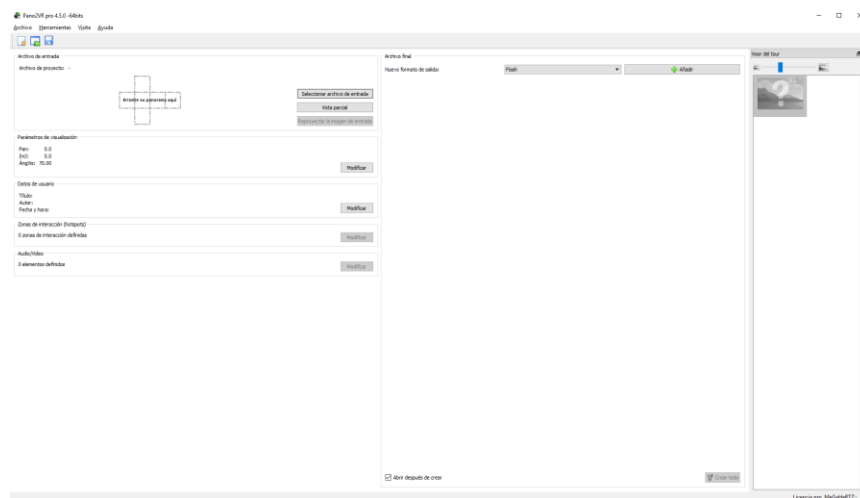


Imagen 2. Venta de inicio Pano2vr 4.5.0- tomada de captura pantalla programa

⁵ Image Composite Editor (ICE) es un avanzado agrupador de imágenes panorámicas creado por Microsoft Research Computational Photography Group.

⁶ El software de captura de fotografías panorámicas PhotoStitcher combina varias fotos para producir imágenes panorámicas en unos pocos clics

⁷ Pano2VR es una interesante herramienta pensada para generar una panorámica en tres dimensiones a partir de una fotografía, dando la sensación de encontrarte dentro de ella.

⁸ Panotour herramienta diseñada por kolor.

⁹ AutoStitch es una herramienta de software de costura de imagen patentada para crear panoramas.

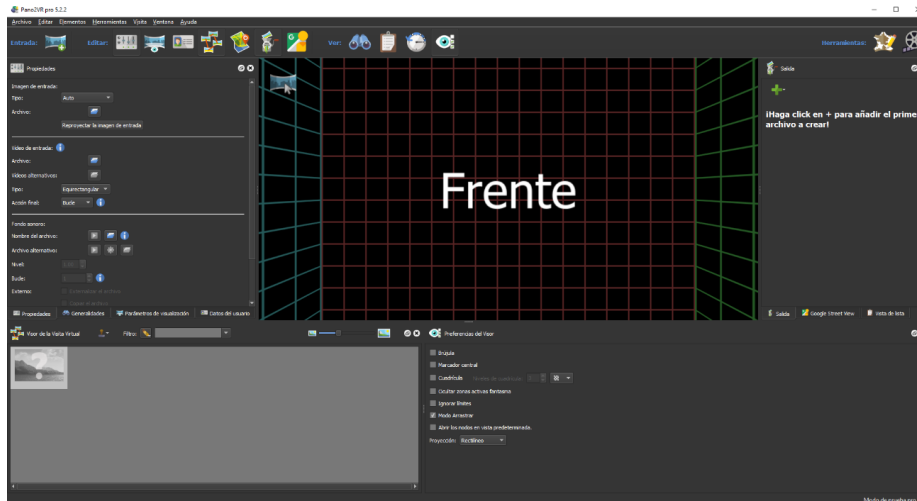


Imagen 2. Vista de inicio Pano2vr 5.2.2- tomada de captura pantalla programa

Se seleccionó Pano2vr como la herramienta para el tratamiento de imágenes porque permite editar las imágenes de manera inmediata a su montaje y crear una plantilla que previsualiza el contenido que va a tener el sistema de navegación, incluyendo objetos como botones, imágenes, flechas, traslaciones, documentos e, incluso, rastreo GPS¹⁰.

Hay que resaltar que las características mencionadas anteriormente se pueden realizar con limitaciones de la licencia gratuita.

Una vez montadas las imágenes y estructurada la plantilla, permite generar el código base, que se encuentra en HTML5, con la utilización de recursos de JS y XML.

¹⁰ El Sistema de Posicionamiento Global, y originalmente Navstar GPS, es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de un objeto con una precisión de hasta centímetros, aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.

- **Proceso de tratamiento previo de las imágenes**

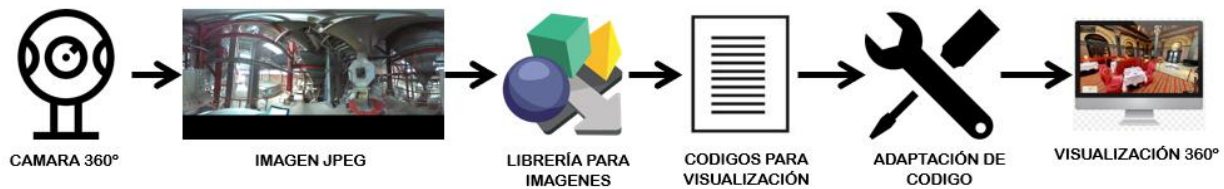


Figura 8. Flujo de trabajo de imágenes.

Al realizar la toma de imágenes y la inmersión en la herramienta necesaria para poder realizar la visualización, se da continuidad al flujo de trabajo para las imágenes, el cual muestra que el siguiente paso a seguir es pasar las imágenes por la herramienta la cual genera una librería para las imágenes y los códigos de visualización que serán adaptados a las necesidades del sistema para la integración de lo visual con la información.

- **Proceso de integración de las imágenes con la herramienta.**

Al finalizar el proceso de tratamiento de las imágenes, haciendo uso de la herramienta Podemos generar código basado en la librería de visualización que posteriormente se adaptó a las necesidades del proyecto, debido a que la licencia gratuita de la herramienta sólo permite manipular 4 nodos de visualización y generar código base, que posteriormente fue manipulado para incluir los demás nodos de visualización.

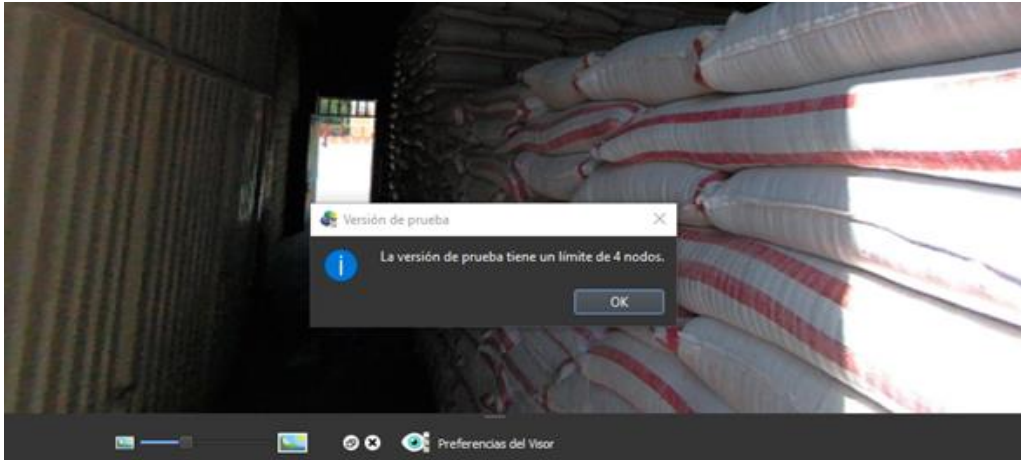


Imagen 4. Limitación de número de panorámicas- tomada de captura pantalla Pano2vr

El objetivo de usar esa herramienta fue generar el código base para 4 nodos, y posteriormente realizar la programación de los demás nodos, la plantilla se generaba para recursos dinámicos, permitiendo incluir imágenes, realizar acciones de traslación, rotación, acercamiento, transición entre panorámicas, incluir el mapa vectorizado, cuadro de información e inclusión de recursos que contengan elementos como páginas web, archivos de texto, videos, etc.

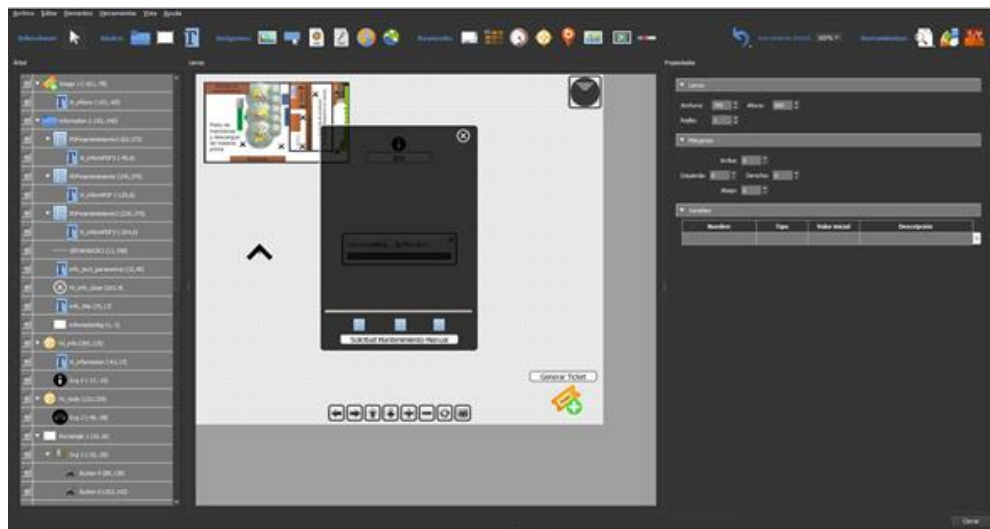


Imagen 5. Creación de plantilla del sistema de navegación – tomada de captura pantalla Pano2vr

La plantilla permite la programación inmediata de dichas acciones mencionadas a cada uno de los elementos que en ella hay, como por ejemplo a los hotspots darle la opción que al darle clic despliegue el cuadro de información, o que al entrar y salir de un icono con el cursor se muestre un mensaje indicando el elemento que se encuentra guardado dentro de él en el momento de darle clic, facilitando la adaptación del código a las necesidades del proyecto.

Una vez se creaba la plantilla se debe realizar la transitividad entre las panorámicas, si la imagen se encontraba con un icono amarillo, significaba que no tenía panorámicas enlazadas a ella, ya fuera para ingresar o para salir de la imagen.



Imagen 6. Imágenes no enlazadas- tomada de captura pantalla Pano2vr

La solución a este punto era generar transitividad entre las imágenes por medio del stichado, el cual quedará identificado dentro del código XML con el id ht_node, también se crean los puntos de interacción informativa los cuales quedarán identificados con el id ht_info.

Una realizadas estas operaciones, se generar los códigos base obteniendo los siguientes 3 recursos web:

Anexo 3. Código Html Base

Anexo 4. Código Xml Base

Anexo 5. Código Js

El código base obtenido puede ser adaptado para incluir más nodos de visualización de los 4 permitidas por la licencia gratuita del software.

Por otro lado, si vemos las imágenes que se utilizaron para realizar el código base, estas fueron fragmentadas en 6 caras como las del cubo, creando 6 imágenes más en la escala de grises que cumplen la función en la visualización de imágenes pre-carga o de respaldo y todo lo anterior se encuentra en el XML, en el código se le da configuración para saber desde qué punto está mirando determinada perspectiva, siendo algo muy útil a la hora de programar manualmente los posicionamientos de cada `ht_info` o `ht_node`.

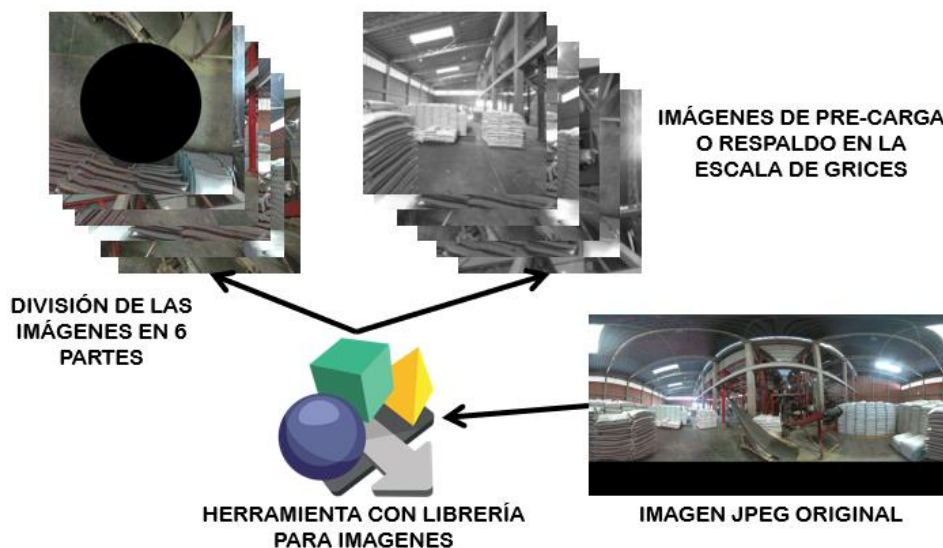


Figura 8. *División de panorámicas.*

Para incluir las coordenadas de los nuevos nodos de visualización en el código generado es necesario realizar una aproximación, de forma que la transición entre nodos no se vea afectada y se conserve la noción espacial de la empresa.

De lo anterior, el código que se debe manipular manualmente esta dado en el siguiente anexo:

Anexo 6. FRAGMENTO CÓDIGO PARA PANORÁMICAS

Interface de navegación.



Imagen 7. Interfaz de visualización – tomado de https://sistemanavegacion.azurewebsites.net/navegacion/mod_navega.php

Así es la interfaz del módulo de navegación ya implementado, podemos ver que existen un mapa en la esquina superior izquierda que nos muestra la distribución al interior de la empresa, en la parte inferior derecha se encuentra el punto enlazado con el módulo de maquinaria y mantenimiento para la gestión de ticket, en la parte inferior hacia el centro se encuentra un panel de acciones las cuales también se pueden realizar manualmente con el cursor, en la esquina superior derecha se encuentra un radar de foco que permite ver la perspectiva que ve el usuario al momento de realizar acciones de rotación dentro de la panorámica y por último según las coordenadas especificadas se encuentran los puntos de transición y los de información.

6.2 Módulo De Maquinaria Y Mantenimiento

El módulo de maquinaria y mantenimiento se en el interior del servidor web, y puede realizar las acciones de crear máquina, editar máquina, crear mantenimiento, visualización de esta información y conexión con los otros módulos, en las siguientes imágenes se puede ver la interfaz del módulo de maquinaria y la interfaz de mantenimiento, respectivamente.

The screenshot shows the Avimol web application interface. At the top, there is a navigation bar with 'Administración' and 'Módulos' menus. Below the logo, there is a green header with 'Administración de Equipos'. The main content area features a table titled 'Lista de Equipos' with columns for 'Id', 'Nombre', 'Proceso', 'Fecha Ultimo Mantenimiento', and 'Estado'. The table contains 10 rows of equipment data. A red circle highlights the 'Administración' menu and the table, with arrows pointing to the text 'INGRESO A ADMINISTRACIÓN DE DATOS Y MODULOS' and 'MAQUINAS'.

| Id | Nombre | Proceso | Fecha Ultimo Mantenimiento | Estado |
|----|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------|
| 15 | Caldria | 123 | | Activo |
| 16 | Tolva Empacadora | generar empaque | 2018-07-08 | Activo |
| 17 | Bolco (levanta camiones) | Bolco (levanta camiones) | | Activo |
| 10 | Micro-mezclador | Micro-mezclador | 2017-05-23 | Activo |
| 9 | Tolva Molenda | moliendo | 2018-06-20 | Activo |
| 8 | Molino 1 y 2 | Molino 1 y 2 | | Activo |
| 7 | Empacadora | Empacadora | | Activo |
| 6 | Empacadora | Mezcladora | | Activo |
| 5 | Tolva Bascula | Tolva Bascula | | Activo |
| 4 | Pelietadora | Pelietadora | | Activo |

Imagen 8. Interfaz de maquinaria. –tomada de <https://sistemanavegacion.azurewebsites.net/equipos/equipos.php>



Imagen 9. Interfaz de mantenimiento- tomado de https://sistemanavegacion.azurewebsites.net/mantenimiento_equipos/mantenimiento.php

El módulo de maquinaria y mantenimiento está programado en lenguajes web unido a bases de datos, que permite la unión de la interfaz con la información.

6.3 Módulo De Usuarios

El módulo de usuario se implementó en el interior del servidor web, y puede realizar las acciones de crear usuario, editar usuario, buscar usuario, crear perfil, editar perfil, visualización de esta información y conexión con los otros módulos, en la siguiente imagen se puede ver la primera pantalla después de realizar el ingreso con un usuario y contraseña.

INGRESO A ADMINISTRACIÓN DE DATOS Y MODULOS

USUARIOS

| Id | Nombre | Usuario | Perfil | Estado |
|----|-----------------------------------|---------------|--------------------------|-----------|
| 1 | Alberto Guarín Hernández | admin | AdministradorJ, Operario | Activo |
| 5 | BLANCA STELLA WARGAS DE HERNANDEZ | bvargash | Operario | Activo |
| 2 | Dani Enrique Lopez Guarín | operario | Operario | Activo |
| 4 | Henry Jimenez | Henry | AdministradorJ | No Activo |
| 6 | Laura Vanessa López Serrano | lauravlopez95 | Operario | Activo |

Imagen 10. Interfaz de usuario.

Fuente: <https://sistemanavegacion.azurewebsites.net/usuarios/usuarios.php>

El módulo de usuarios está programado en lenguajes web unido a bases de datos, que permite la unión de la interfaz con la información.

6.4 Puesta En Producción Del Sistema

Una vez realizada la conexión de la base de datos con todos los módulos, se debe hacer la puesta en producción del sistema, que implica que el sistema de navegación completo se debe encontrar en un servidor web, ya que hasta el momento todo el manejo y programación que se le ha realizado al sistema es totalmente local.

Se selecciono el servidor web Azure de la compañía Microsoft, se escogió porque es uno de los pocos que permite la interacción con MySQL para realizar el montaje de la base de datos sin la necesidad de tener una máquina virtual dentro del servidor y porque la capacidad que permite

en cantidad los usuarios durante el periodo FREE es muy buena ya que pueden entrar hasta 50 usuarios a la vez sin que el sistema se vuelva lento.

7. Pruebas

En esta sección se van a presentar las pruebas del proyecto, en la primera parte se presentan las pruebas de prototipado realizadas con el fin de comprobar el correcto funcionamiento del sistema de navegación, la segunda parte se enfoca en las pruebas de usuario diseñadas para validar la reducción en la complejidad de las tareas propuestas.

El producto final para la implementación dio como resultado el plan de pruebas de prototipado y de usabilidad, el manual de ingreso del sistema y la encuesta de usabilidad, que permitirán determinar cómo está el desempeño a nivel de programación e interacción con los usuarios.

Anexo 7. Plan De Pruebas De Usabilidad

Anexo 8. Plan De Pruebas De Prototipado

Anexo 9. Manual De Ingreso Del Sistema

Anexo 10. Encuesta De Usabilidad

7.1 Pruebas De Prototipado

Con el fin de probar el funcionamiento del sistema de navegación se diseñaron 2 pruebas.

Los componentes que se van a tratar en esta sección son los de interacción que se encuentra asociado a las funciones dinámicas, el de información que se relaciona con la muestra de estos datos en el sistema y el visual que se relaciona con la navegación.

- **Validación interfaz de usuario**

La primera prueba está enfocada en validar el comportamiento de la interfaz de usuario, que incluye el ingreso al sistema, validación de información como usuarios, equipos y

mantenimiento, visualización de información y acceso al sistema de navegación.

Tabla 2.

Resultado primera prueba de prototipado

| Tareas | Componente interacción | Componente de información | Componente visual |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Ingreso | si | si | no |
| Crear usuario | si | si | no |
| Editar usuario | no | no | no |
| Crear perfil | si | si | no |
| Editar perfil | no | no | no |
| Crear maquina | si | si | no |
| Editar máquina | no | no | no |
| Crear mantenimiento | no | no | no |
| Visualización de mantenimiento | no | no | no |
| Ingreso al módulo de navegación | si | no | si |
| Salir de sistema | no | si | no |

Tabla 3.

Resultado segunda prueba de prototipado

| Tareas | Componente interacción | Componente de información | Componente visual |
|---------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
|---------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|

| | | | |
|---------------------------------|----|----|----|
| Ingreso | si | si | si |
| Crear usuario | si | si | si |
| Editar usuario | si | si | si |
| Crear perfil | si | si | si |
| Editar perfil | si | si | si |
| Crear maquina | si | si | si |
| Editar máquina | si | si | si |
| Crear mantenimiento | si | si | si |
| Visualización de mantenimiento | si | si | si |
| Ingreso al módulo de navegación | si | si | si |
| Salir de sistema | si | si | si |

- **Validación de conexión, muestra y actualización de datos.**

La siguiente y última prueba es la de validación de conexión, muestra y actualización de datos para medir la capacidad de trabajo entre las fuentes de datos y el sistema, como por medio de la conexión es posible editar la información y se visualiza inmediatamente después de realizar los cambios

Tabla 4.
Resultado prueba de validación de datos.

| Tareas | Componente | Componente de | Componente visual |
|--------|------------|---------------|-------------------|
|--------|------------|---------------|-------------------|

| | interacción | información | |
|---------------------------|--------------------|--------------------|-----|
| Muestra de información | si | si | si |
| Actualización en BD | N/A | si | N/A |
| Actualización en interfaz | si | si | si |
| Validación de datos | N/A | si | si |

7.2 Pruebas De Usabilidad

Uno de los objetivos del proyecto era validar que el uso del sistema de navegación si está realizando apoyo en la parte de mantenimiento de la empresa seleccionada esto teniendo en cuenta su comprensión para los usuarios y la complejidad de la utilización del sistema, para esto fue necesario desarrollar una prueba sencilla pero técnica para constatar si el sistema cumplía con ese objetivo.

la prueba tenía 2 pasos, el primero era realizar el ingreso al sistema de navegación por medio del link que se encuentra en funcionamiento en el servidor web, seguido de esto, realizar los pasos del plan de prueba dependiendo del usuario que se le fuera asignado; la segunda parte consistió en una vez realizada la navegación con acompañamiento del manual de ingreso y navegación libre por el usuario, debe completar una encuesta que buscaba sobre todo tener conocimiento de cuál es la perspectiva de visualización de los usuarios para con el sistema.

7.2.1 Análisis de resultados de pruebas de usabilidad. En este apartado se presentará los resultados obtenidos con la aplicación de la prueba

7.2.1.1 Perfil de los usuarios. Los usuarios que realizaron la prueba no están ligados en específico a un grupo de estudios en característicos, esto quiere decir que existe un aproximado bastante similar de la cantidad de usuarios que hay por perfil, siendo los perfiles los siguientes: estudiantes/egresados de carreras técnicas o profesionales relacionadas con el área de sistemas, funcionarios de la empresa AVIMOL S.A.S y personas no relacionadas con ninguno de los dos perfiles que se acaban de mencionar.



Figura 10. Gráfico perfiles de usuario

7.2.1.2 Tiempo promedio empleado en la prueba. En la siguiente figura se muestra el tiempo promedio empleado por los usuarios durante el desarrollo de la prueba.



Figura 11. Gráfico tiempo promedio

7.2.1.3 *Resultados por encuesta.* A continuación, se presenta los resultados de la encuesta en la cual los usuarios calificaron su experiencia con el sistema. Cada una de las figuras cuenta con su nombre que la relaciona con la tabla o preguntas que se le realizaron en la encuesta de usabilidad, los datos fueron procesados y totalizados en una tabla de Excel con el fin de determinar cuántos usuarios habían seleccionado que opción y así entender que cuestiones quedan a mejorar del sistema para un trabajo futuro.

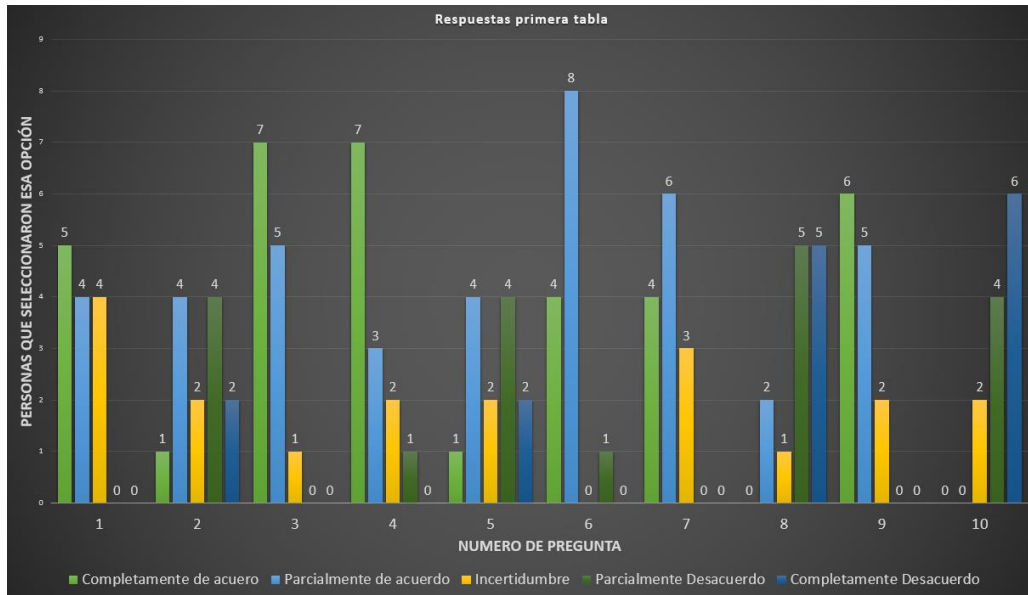


Figura 12. Gráfico interés de información en el sistema.

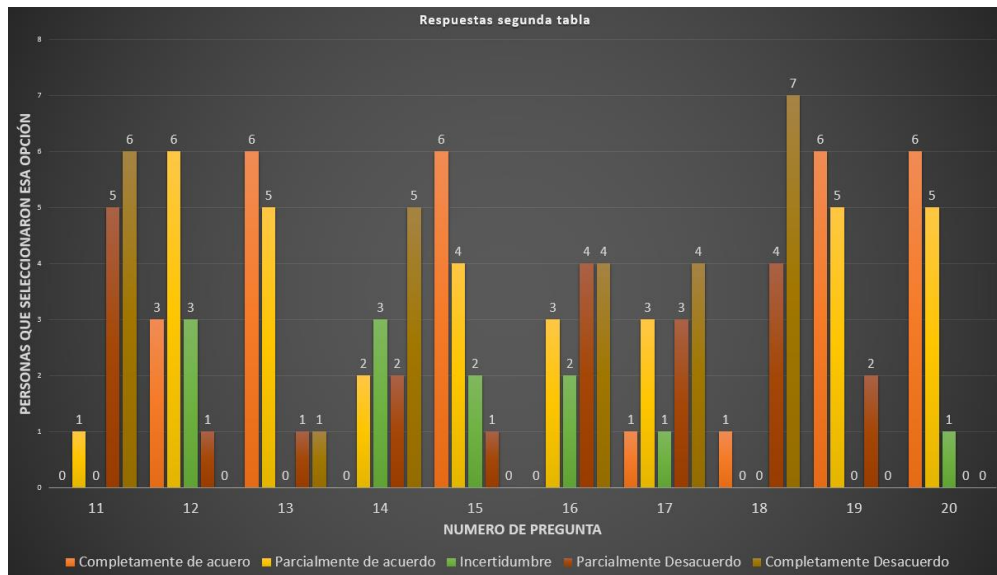


Figura 13. Gráfico dificultad de utilización del sistema.

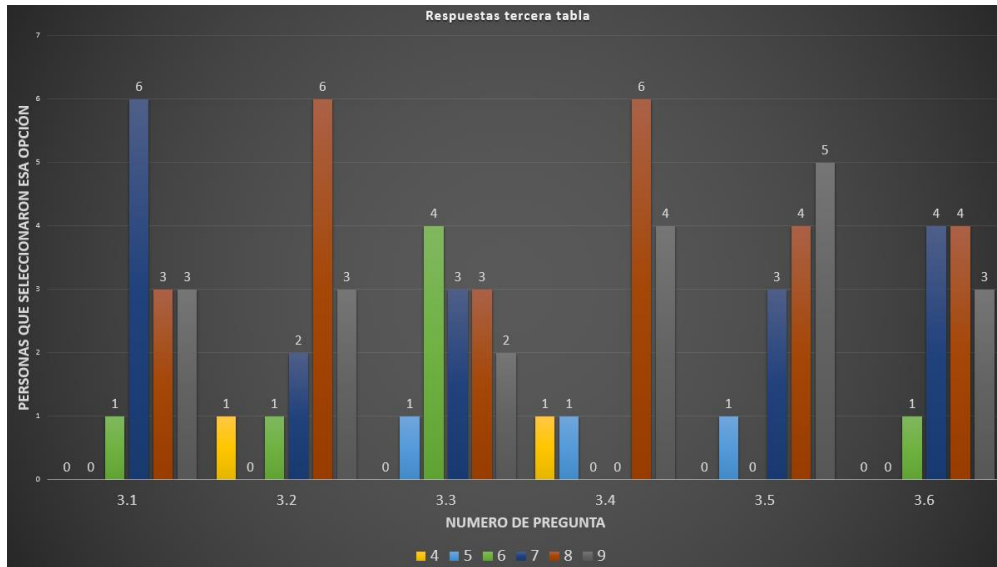


Figura 14. Gráfico Reacciones globales del sistema.

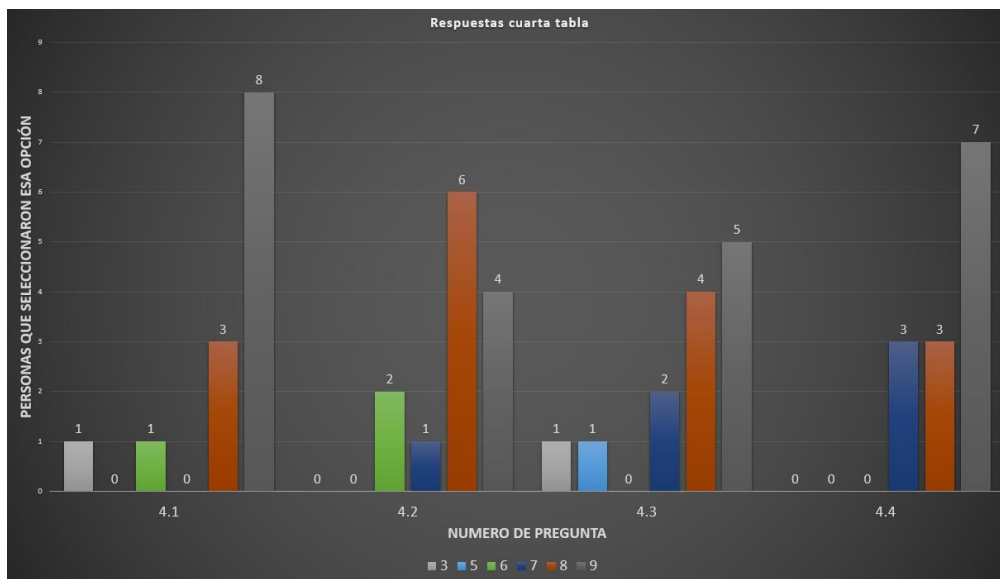


Figura 15. Gráfico funcionalidad en pantalla

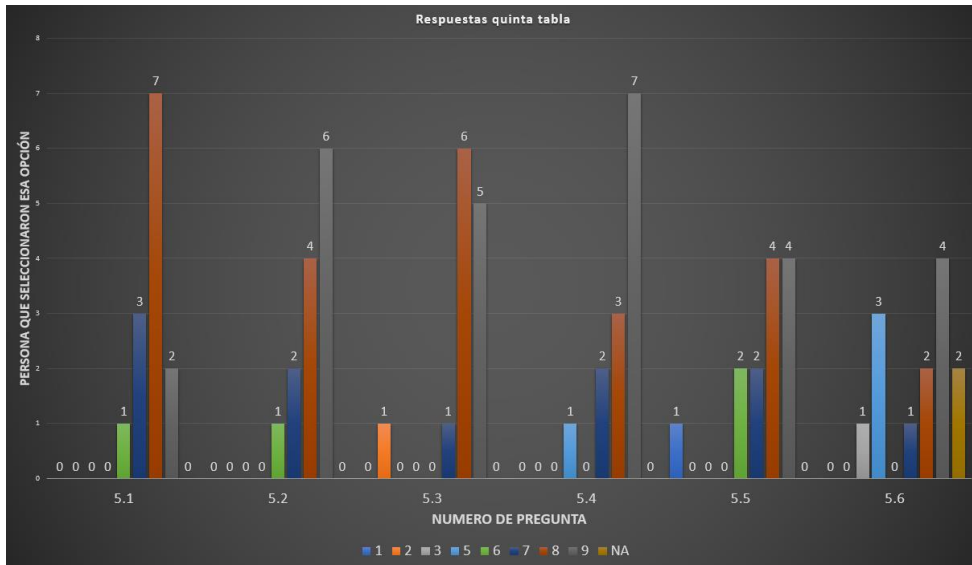


Figura 16. Gráfico terminología de la información.

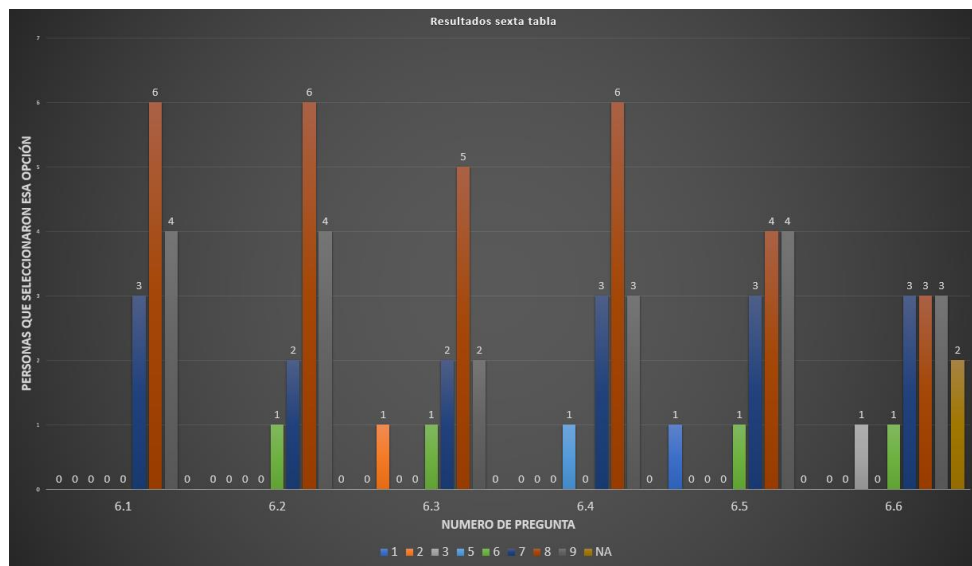


Figura 17. Gráfico aprendizaje con el sistema.

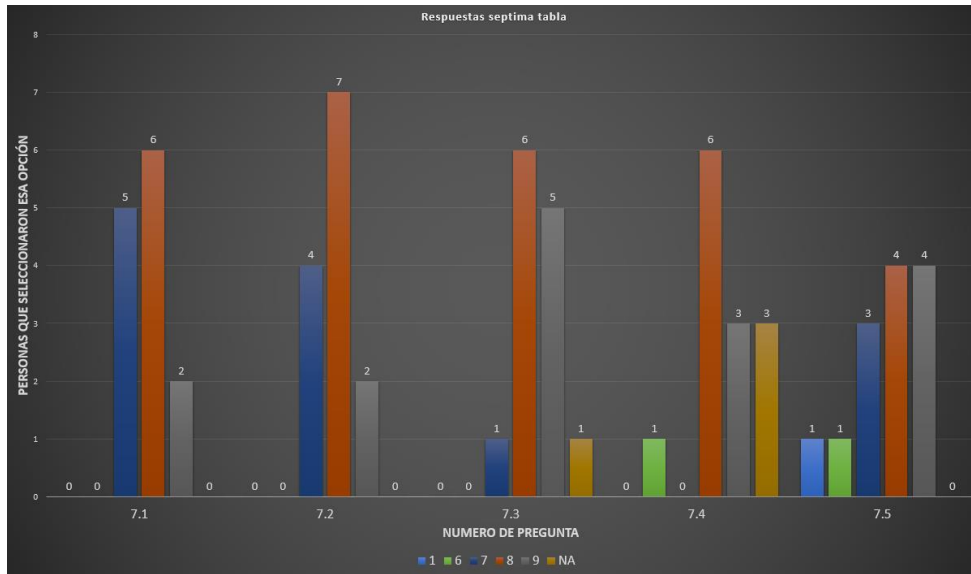


Figura 18. Gráfico capacidad y velocidad del sistema.

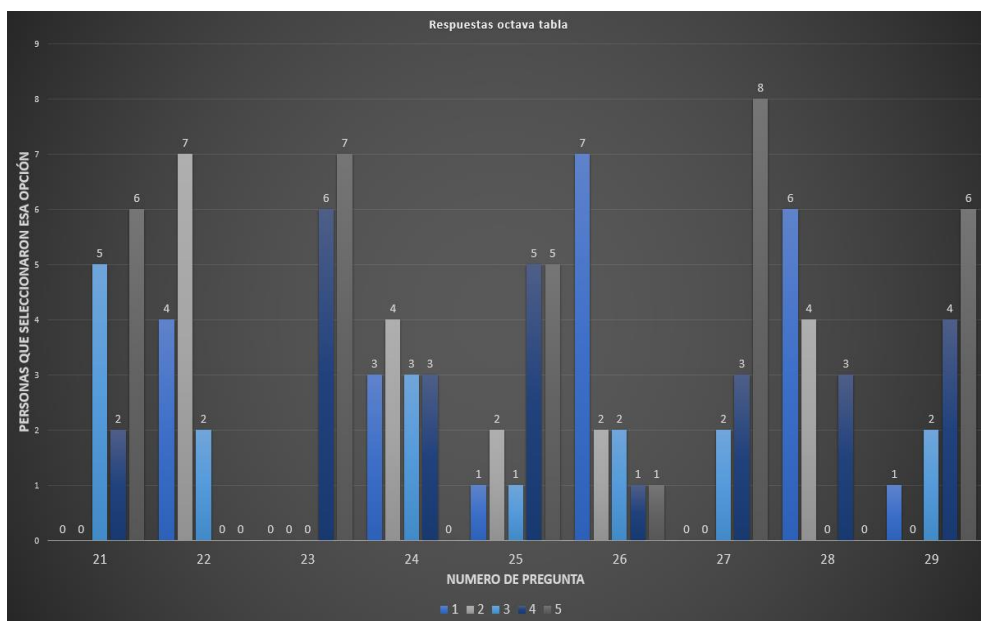


Figura 19. Gráfico agrado y seguridad del sistema.

Cada gráfica está distribuida por un número de pregunta asignado por la encuesta con respecto a la cantidad de usuarios que respondieron la pregunta, si se observan los resultados se puede afirmar que el sistema de navegación tienen buena acogida en varios de los aspectos como los funcionalidad en pantalla, terminología del sistema, capacidad y velocidad del sistema y

reacciones globales del sistema, así mismo como presenta buenos resultados en estas componentes, cuando hablamos de agrado y seguridad del sistema se tiene varias cosas que mejorar debido a que el enfoque el proyecto no garantiza la preservación y la seguridad de la información, por otro lado las componentes relacionadas con el interés de la información, el aprendizaje y la dificultad de la utilización del sistema se encuentran en un punto en el cual es aceptable para el sistema que se generó con respecto a la noción inicial del sistema de navegación y mantenimiento.

a continuación, los anexos de las encuestas realizadas con el análisis de datos de estas.

Anexo 11. Estadísticos De Prueba

Anexo 12. Análisis De Datos

Anexo 13. Usuario1_Prueba_Operario

Anexo 14. Usuario2_Prueba_Administracion

Anexo 15. Usuario3_Encuesta_Usabilidad

Anexo 16. Usuario4_Prueba_Operario

Anexo 17. Usuario5_Encuesta_Usabilidad

Anexo 18. Usuario6_Encuesta_Usabilidad

Anexo 19. Usuario7_Encuesta_Usabilidad

Anexo 20. Usuario8_Encuesta_Usabilidad

Anexo 21. Usuario9_Prueba_Administracion

Anexo 22. Usuario10_Encuesta_Usabilidad

Anexo 23. Usuario11_Encuesta_Usabilidad

Anexo 24. Usaurio12_Encuesta_Usabilidad

Anexo 25. Usuario13_Encuesta_Usabilidad

8. Conclusiones

En la nueva era digital se hace cada vez más necesario que los métodos en cómo se realizan las acciones dentro de las empresa sean más dinámicos e interactivos con la finalidad de que sea más fácil acceder a los datos en el interior del software, haciendo que este sea funcional y amigable; un sistema de navegación virtual a través de las instalaciones industriales podrían mejorar la forma en cómo se relacionan los usuarios con la información y como puede ser más eficiente los aspectos de soporte de mantenimiento en la industria..

La metodología de trabajo permitió identificar e implementar las características del sistema de navegación de forma que los objetivos planteados en el proyecto se cumplieron.

El prototipo planteado cumplió a cabalidad con las expectativas e incluso agregar funcionalidades que no se habían tomado en consideración con el planteamiento del primer prototipo en la etapa de diseño.

Los resultados de las pruebas de prototipado fueron satisfactorios, reflejando que el diseño del sistema cumple con las especificaciones planteadas.

Los resultados de las pruebas de usuario validan la capacidad del sistema para navegar, visualizar información y realizar operaciones, las cuales son los objetivos principales para el desarrollo del proyecto, ya que los usuarios califican al sistema como amigable, fácil de usar y realizaron las acciones propuestas, etc.

El proyecto muestra la importancia del conocimiento en las ramas de ingeniería del software, programación web, bases de datos y montaje de servidores, que hacen parte de la formación profesional relacionadas con el área de sistema

Bibliografía

- ¿Que es una base de datos? (2017). *Definición de Base de datos*. Obtenido de Masadelante.com: <http://www.masadelante.com/faqs/base-de-datos>
- Barcia, D. (2007). *¿Que es CSS?* Obtenido de Maestros del Web: <http://www.maestrosdelweb.com/introcsc/>
- Del Valle Brito Gómez, A. (2009). *Oracle*. Obtenido de Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos25/oracle/oracle.shtml>
- HTML. (2017). *Documentación de MDN*. Obtenido de <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML>
- Ordoñez, G. (2015). *EDIFICIONES INDUSTRIALES*. *Admon industrial.weebly.com*. Obtenido de http://admon-industrial.weebly.com/uploads/4/7/1/0/47109991/sexta_unidad.pdf
- Pérez, V. (2007). *Los diferentes lenguajes de programación para la web*. Obtenido de Maestros Web: <http://www.maestrosdelweb.com/los-diferentes-lenguajes-de-programacion-para-la-web/>
- Recorridos virtuales 360° virtual tours. (24 de Abril de 2018). *Fotografía Panorámica*. Obtenido de REALVISION 360°: http://realvision360.com/service_post/recorridos-virtuales/
- Rouse, M. (2015). *¿Que es MySQL?* Obtenido de Definición en whatls.com- search data

center: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/MySQL>

Rouse, M. (2015). *¿Que es MySQL?* Obtenido de Definición en whatls.com- search data

center: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/MySQL>