

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”
Facultad de Informática
Carrera de Ingeniería Informática

*“Sistema Informático para el Cálculo de la Alineación de los
Hornos Rotatorios en la Fábrica de Cemento Siguaney”*

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Informática

Autor:

Leticia Salas González

Tutores:

MSc. Rafael Velázquez Fuster

Ing. Yuniol Álvarez Betancourt

Consultante:

Ing. Manuel Salas Araque

Cienfuegos, Cuba
Julio, 2008

Declaración de autoría

Yo, Leticia Salas González declaro que soy la única autora del Trabajo de Diploma titulado “Sistema Informático para el Cálculo de la Alineación de los Hornos Rotatorios en la Fábrica de Cemento Siguaney”, y autorizo a la Facultad de Informática de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” y a la Fábrica de Cemento Siguaney de Sancti Spíritus, para que hagan el uso que estimen pertinente del presente trabajo de diploma.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de ____ del ____

Firma Autor
Leticia Salas González

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referente a la temática señalada.

Firma Tutor
MSc. Rafael Velázquez Fuster

Firma Tutor
Ing. Yuniol Álvarez Betancout

Firma ICT

Firma Vicedecano

A todos aquellos que desde los primeros años de mi vida han contribuido a mi formación como ser humano, como mujer de ciencia.

A mis tutores por su incondicional ayuda.

A todos los profesores de la carrera,

A mis compañeros de estudio,

A la Revolución Cubana, que me ha permitido elegir el camino correcto.

A todos..

Gracias.

A mis padres:

Por darme la vida,
Por guiarme en la
búsqueda del conocimiento,
Por amarme tanto...

A mi hermana:

de modestia y sencillez.
Mi confidente, ejemplo

El que sabe más, vale más, saber es tener, el saber siempre vale lo mismo, y siempre mucho. Un hombre instruido vive de su ciencia, y como la lleva en sí, no se pierde, y su existencia es fácil y segura.

José Martí



Resumen

La industria cementera nacional ha experimentado una expansión considerable en los últimos años, dedicándose a la producción y comercialización de distintos tipos de cemento. El horno rotatorio es la unidad fundamental de una fábrica de cemento pues en él se realizan todas las reacciones físico – químicas que dan lugar a la formación del clínker.

La alineación de los hornos constituye una tarea de vital importancia que contribuye a evitar la operación inadecuada del equipo, que puede ocasionar deterioro de los ladrillos refractarios, desgaste de bandajes y rodillos, rajaduras en la capa de acero y elevados costos operativos debido al mantenimiento por averías. En la actualidad los criterios de alineación normados presentan deficiencias que conllevan a la búsqueda de nuevas propuestas, por otra parte los cálculos matemáticos requeridos se realizan de forma manual, con su consecuente implicación de tiempo.

El presente trabajo de investigación realizado en la Fábrica de Cemento Siguaney propone un sistema informático que incluye criterios novedosos en la realización de los cálculos para la alineación de los hornos rotatorios. Constituyendo de este modo una herramienta de fácil interactividad y navegabilidad, completamente adaptada a las exigencias actuales de la industria cubana del cemento, que contribuye no solo al mejoramiento del trabajo de los especialistas encargados de realizar esta labor, sino también a elevar el estado técnico de los equipos y al ahorro de recursos económicos.



El proceso de análisis y diseño del sistema propuesto está fundamentado a través de la metodología RUP (Racional Unified Process). La implementación se realizó con la herramienta Borland C++ Builder 6.0 y como gestor de base de datos se utilizó Microsoft Access.



Índice

INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1. FUNADAMENTACIÓN TEÓRICA	8
1.1 – Introducción al capítulo.....	8
1.2 – Cemento.....	8
1.2.1 – Antecedentes	8
1.2.2 – Características	8
1.3 – Proceso de producción de cemento	9
1.4 – Hornos rotatorios	11
1.4.1 – Antecedentes	11
1.4.2 – Características	11
1.5 – Alineación	13
1.5.1 – Concepto.....	13
1.5.2 – Mediciones	13
1.5.3 – Norma de Procedimiento del 76. Deficiencias	19
1.5.4 – Métodos propuestos.....	24
1.6 – Sistemas informáticos existentes.....	30
1.7 – Tendencias, metodologías y/o tecnologías actuales	31
1.7.1 – UML	31
1.7.2 – RUP	33
1.8 – Lenguaje y herramientas utilizadas	35
1.8.1 – C++.....	35
1.8.2 – Borland C++ Builder v6.0.....	35
1.8.3 – Adobe Photoshop CS.....	36
1.8.4 – AutoCAD 2005.....	37
1.9 – Sistema Gestor de Base de Datos	38
1.9.1 – Microsoft Access.....	38
1.10 – Conclusiones del capítulo.....	39
CAPÍTULO 2 . ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA.....	40
2.1 – Introducción al capítulo.....	40
2.2 – Descripción del modelo del negocio	40
2.2.1 – Descripción de los procesos del negocio.....	41
2.3 – Reglas del negocio.....	42
2.4 – Modelo de casos de uso del negocio	43
2.4.1 – Actores del negocio	44
2.4.2 – Trabajadores del negocio.....	44
2.4.3 – Diagrama de casos de uso del negocio.....	45
2.4.4 – Descripción de los casos de uso del negocio.....	46
2.4.5 – Diagrama de actividad del negocio	47
2.5 – Modelo de objetos del negocio.....	49
2.6 – Descripción del software propuesto	50
2.6.1 – Concepción general del software	50



2.6.2 – Requerimientos funcionales	51
2.6.3 – Requerimientos no funcionales	52
2.7 – Modelo de casos de uso del sistema	56
2.7.1 – Actores del sistema.....	57
2.7.2 – Diagrama de casos de uso del sistema.....	57
2.7.3 – Descripción de los casos de uso del sistema	59
2.8 – Descripción del modelo de datos del sistema.....	70
2.8.1 – Diagrama de clases del diseño.....	70
2.8.2 – Diagrama del modelo lógico de datos	73
2.8.3 – Diagrama del modelo físico de datos	74
2.8.4 – Diagrama de implementación.....	75
2.9 – Conclusiones del capítulo.....	76
CAPÍTULO 3. PRINCIPIOS DE DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	77
3.1 – Introducción al capítulo.....	77
3.2.1 – Estándares en la interfaz de la aplicación.....	77
3.2.2 – Tratamiento de errores.....	78
3.2.3 – Concepción general de la ayuda.....	78
3.2.4 – Estándares de codificación	78
3.3 – Factibilidad técnico - económica.....	79
3.3.1 – Planificación por puntos de función	80
3.3.2 – Determinación de los costos.....	85
3.3.3 – Beneficios tangibles e intangibles	90
3.3.4 – Análisis de costos y beneficios.....	91
3.4 – Conclusiones del capítulo.....	92
CONCLUSIONES.....	93
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS.....	101



Introducción

La producción de **cemento** está estrechamente vinculada a la actividad edificadora del hombre, ya que sus productos están dirigidos fundamentalmente a la construcción; tanto de viviendas como infraestructura. El significativo desarrollo que están alcanzando los sistemas constructivos en la actualidad está ampliando cada vez más la variedad de usos y aplicaciones del cemento.

La industria del cemento en Cuba, como consecuencia del proceso revolucionario y el desarrollo industrial que el mismo conlleva, ha experimentado una expansión considerable en los últimos años, ha sido de atención fundamental, lograr los mayores rendimientos, elevar la productividad del trabajo (con la consecuente disminución de los costos) y elevar el estado técnico de los equipos, mejorando las condiciones y calidad del mantenimiento de los mismos, para obtener de ellos el máximo de eficiencia **[1]**.

En 1895 se inicia el proceso de producción de cemento en Cuba, cuando se inaugura en La Habana la primera fábrica de cemento ubicada en la calle Zanja, esta producía con tecnología de proceso seco. En 1900 le siguió otra planta, ubicada a unos 250 metros al sur del actual puente de la calle 23 sobre las márgenes del río Almendares, propiedad de un francés, que producía con equipos de tecnología alemana.

El funcionamiento de ambas fábricas no fue bueno, por lo que no tuvieron un gran peso en la economía nacional, es por ello que en 1918, se inaugura una nueva fábrica, de propiedad norteamericana, instalada en El Mariel, moderna y eficiente que determinó la quiebra de la fábrica francesa en 1921, de este modo la fábrica de Mariel quedó como única fuente nacional de cemento durante casi cuarenta años, comercializándose con la marca El Morro.



En 1956 comienza a producir Santiago de Cuba con 2 hornos y en 1957 se le suma Cemento Santa Teresa en Artemisa.

Entre abril de 1960 y agosto del propio año, con el triunfo de La Revolución, fueron nacionalizadas las compañías particulares productoras de cemento:

- Abril de 1960 Cementos Nacionales S.A.; adopta el nombre de José Merceron Allen.
- Julio de 1960 Cemento Santa Teresa; hoy Mártires de Artemisa.
- Agosto de 1960 Compañía de Cemento El Morro; actual René Arcay.

Estas plantas sufrieron a partir del proceso de nacionalización la fuga de técnicos y un fuerte desabastecimiento, al igual que muchas industrias a lo largo de todo el país, ya que sus fuentes de suministros provenían directamente de los Estados Unidos.

Ante el impetuoso avance de las construcciones, se hace evidente la necesidad de ampliar las capacidades existentes. Así, en 1965 se puso en marcha la fábrica 26 de Julio en Nuevitas, con tecnología de proceso húmedo adquirida en la RDA. En 1971 comenzó a producir la planta de Siguaney, suministrada por Checoslovaquia, en 1980 se instala la fábrica de cemento de Cienfuegos y en Mariel por su parte, se construyó una nueva planta que sustituyó a la norteamericana donde se instalaron dos nuevos hornos, por vía de proceso seco.

Con las ampliaciones y las nuevas fábricas, la capacidad nacional instalada se elevó a 2866 Mt en 1976 y una producción de 2501.1 Mt con un aprovechamiento del 87.2%. A partir de 1987 es que se logra una utilización adecuada de la capacidad industrial disponible.



Con el inicio del período especial debido a la caída del campo socialista y al bloqueo económico impuesto por los Estados Unidos, la producción de cemento en Cuba cae vertiginosamente, lo cual trajo consigo que en 1993 se produjera el 23% de lo producido

en 1990 por solo citar un ejemplo. En el mismo año 93, el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros autorizó a la Unión de Empresas del Cemento actual CEMVID (Grupo Empresarial Cemento – Vidrio) construir una empresa mixta con Cementos Mexicanos S.A. (CEMEX) denominada Cementos Curazao, con la empresa de cemento del Mariel que devino en una alternativa de subsistencia del país en esta importante rama de la economía, en estos momentos estos convenios aún persisten, Cienfuegos por su parte, también posee en la actualidad convenios de producción con empresas extranjeras. Puede decirse que el peso de la producción de cemento nacional lo tienen las empresas mixtas, muy eficientes y poco consumidoras de combustible.

Dentro del proceso productivo, el **horno rotatorio** es el equipo fundamental de una fábrica de cemento. La **alineación** del mismo es una de las tareas de vital importancia para lograr su máxima eficiencia. La medición de alineación, que incluye todas las características mecánicas de la operación del horno, debe ser una herramienta de mantenimiento preventivo. Desafortunadamente, se ha utilizado como procedimiento de rectificación [2].

Una alineación incorrecta trae consigo una distorsión mecánica del eje del horno que provoca:

- Rajaduras en la capa de acero del equipo.
- Deterioro de los ladrillos refractarios.
- Grandes esfuerzos en bandajes y rodillos que ocasionan desgastes intensos en estos equipos motrices.
- Elevados costos operativos debido al mantenimiento por averías y al gasto adicional de combustible.



Después de nacionalizadas las fábricas de cemento aún no existía unidad de criterios en materia de alineación por lo que esta actividad se ejecutaba de forma incorrecta provocando paralizaciones imprevistas de los hornos con sus correspondientes afectaciones de producción; es por ello que en el año 1976 fue aprobada por la

Dirección General de la Industria del Cemento la Resolución No.19 devenida “Norma de Procedimiento para la Alineación de Hornos Rotatorios” con el objetivo de establecer uniformidad en las labores de alineación. El procedimiento que refleja dicho documento era el empleado por los especialistas en alineación de hornos de las fábricas de cemento de la antigua Unión Soviética.

Esta resolución entró en vigor a partir del 1ro de enero de 1977 y aún no ha sufrido variaciones en sus disposiciones. Actualmente esta norma no responde a las necesidades de la industria cementera cubana.

Con el surgimiento de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) las grandes empresas productoras de cemento a nivel mundial cuentan con herramientas informáticas para el cálculo de alineación las cuales son altamente costosas.

En general las cementeras cubanas carecen de sistemas de control automático y/o expertos y particularmente sobre los hornos y el proceso de alineación no se cuenta con aplicaciones que viabilicen este procedimiento.

Este proyecto de investigación realizado en la Fábrica de Cemento Siguaney ubicada en la provincia de Sancti Spíritus, encuentra su justificación en todas las cuestiones anteriormente descritas relacionadas con: las implicaciones que tiene la desalineación para los hornos y su influencia en el gasto de recursos económicos, los elevados costos de adquisición de software especializados y la desactualización de los criterios de alineación emitidos en la Resolución No 19/76 que sugieren la búsqueda de nuevas propuestas. Por otra parte los cálculos matemáticos requeridos se realizan de forma manual por el ingeniero especializado lo que provoca retardos en la entrega de los



resultados a la Dirección Administrativa de Mantenimiento y por último la contratación de técnicos extranjeros para la realización de esta actividad es altamente costosa.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se define como **problema a resolver:**

La carencia de un sistema informático que con criterios técnicamente fundamentados realice de forma confiable los cálculos para la alineación de los hornos rotatorios en la Fábrica de Cemento Siguaney.

De este modo se define como **objetivo general:**

Desarrollar un sistema informático que realice de forma confiable los cálculos para la alineación de hornos rotatorios en la Fábrica de Cemento Siguaney.

Se han trazado además, los siguientes **objetivos específicos:**

- Analizar el proceso de alineación de los hornos rotatorios.
- Implementar los modelos matemáticos necesarios en la determinación de los parámetros de control de alineación, el cálculo de los movimientos totales a los rodillos de apoyo del horno y estadísticas del estado de operación del equipo.
- Aplicar técnicas para el tratamiento gráfico en la obtención de resultados.
- Implementar la base de datos que garantice el almacenamiento, seguridad e integridad de la información útil a este procedimiento.

Las **tareas** a realizar para cumplir los objetivos propuestos son las siguientes:

- Revisión bibliográfica de los criterios utilizados nacional e internacionalmente en la evaluación, comparación y selección de los métodos adecuados para la alineación de hornos, utilizando para ello libros relacionados con el tema,



revistas y resúmenes actualizados, sitios especializados y trabajos de investigación realizados anteriormente.

- Conceptualización de los términos relacionados con el dominio del problema.
 - Entrevistas al personal especializado.
 - Profundización en técnicas de programación, base de datos y diseño de software.
-
- Estudio de las tendencias y metodologías actuales.

En consecuencia el **objeto de estudio** del presente trabajo se define como:

El proceso de alineación de los hornos rotatorios en la Fábrica de Cemento Siguaney

y como **campo de acción**:

Los métodos de cálculo para la determinación de los parámetros de control de alineación, los movimientos totales a los rodillos de apoyo y estadísticas del estado de operación del equipo.

Todas estas tareas fueron trazadas en aras de **defender** la siguiente **idea**:

El desarrollo de un sistema informático que realice de forma confiable los cálculos para la alineación de los hornos rotatorios en la Fábrica de Cemento Siguaney, influirá de manera positiva en el estado técnico de los equipos, el trabajo de los especialistas encargados de realizar esta actividad y en el ahorro de recursos económicos.

El **aporte práctico** de esta investigación radica; en la confección de un software de fácil interactividad y navegabilidad completamente adaptado a las exigencias de la industria cementera cubana en materia de alineación, teniendo en cuenta, que el mismo está pensado y realizado para que su uso se haga extensible al resto de las empresas de cemento. El sistema incluye criterios novedosos que mejoran la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos.



Para el adecuado análisis y comprensión de este documento se ha estructurado el mismo en 3 capítulos:

- **Capítulo 1 – Fundamentación Teórica:** En este capítulo se exponen los principales fundamentos teóricos asociados al dominio del problema, se aborda de forma explícita el objeto de estudio, se realiza un análisis de las dificultades

existentes en la actualidad que dan paso a la presente investigación y se hace una valoración de las tendencias y tecnologías actuales a considerar así como de los sistemas existentes.

- **Capítulo 2 – Análisis y diseño del sistema:** En este capítulo se analiza el modelo del negocio investigado, así como la descripción de dicho proceso utilizando para ello los artefactos que ofrece la metodología RUP. Se relacionan además los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, el modelo de datos físico, lógico y de implementación, el diagrama de casos de uso del sistema y la descripción de los actores y trabajadores asociados.
- **Capítulo 3 – Principios de diseño y Estudio de factibilidad:** En este capítulo se describen los principios de diseño para la implementación de la interfaz visual de la aplicación, se analiza todo lo relacionado con la planificación, costos y beneficios tangibles e intangibles que reporta la implementación del sistema.



1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 – Introducción al capítulo

En el presente capítulo se exponen los fundamentos teóricos asociados al dominio del problema, se realiza un análisis de las dificultades existentes en la actualidad que dan paso a la presente investigación y la propuesta de solución. Se describe además el conjunto de metodologías, lenguajes y herramientas de desarrollo que fueron empleados en la creación del sistema informático propuesto así como se caracterizan los sistemas existentes conocidos.

1.2 – Cemento

1.2.1 – Antecedentes

Aunque ciertos tipos de cementos hidráulicos eran conocidos desde la antigüedad, no fue a partir de mediados del siglo XVIII que su utilización comenzó a generalizarse. El primer cemento moderno, conocido con el nombre de cemento Pórtland, término que comenzó a emplearse por primera vez en 1824 por el fabricante inglés de cemento Joseph Aspadin fue producido en Gran Bretaña en 1845. Estaba hecho de piedra caliza y arcillas las cuales eran calentadas hasta convertirse en clínker y después trituradas. Este cemento era muy utilizado en las construcciones en Inglaterra [3].

1.2.2 – Características

El cemento es una mezcla de piedra caliza y arcilla, triturada y calcinada hasta el punto de fusión, convertida en una escoria granulada llamada clínker que se muele con una pequeña proporción de yeso (sulfato de calcio) hasta quedar finamente pulverizada [4].



Es el aglutinante básico del hormigón y de otros productos que se utilizan en la construcción, tales como: mosaicos, baldosas, bloques, asbestos cemento, tubos para acueducto y alcantarillado etc [4].

En la fábrica de cemento Siguaney, entidad en la cual se desarrolla el objeto estudio de la presente investigación se produce cemento del tipo Portland P-250 y P- 350.

1.3 – Proceso de producción de cemento

En el proceso de producción del cemento la formulación que se utiliza es de aproximadamente 70 – 80% de caliza, 20 – 30% de arcilla, 1–3% de hierro y a veces arena sílice. Este se inicia con la extracción de la piedra caliza y la arcilla de depósitos naturales, los cuales dependiendo de la dureza o cohesión que presenten y la disposición, imponen diferentes sistemas de explotación, desde sencillos taladros manuales hasta complicados sistemas de perforación y voladura. El material así extraído, se carga y transporta por medio de maquinaria pesada (excavadoras y camiones) de la cantera hacia la planta. Estas materias primas se trituran en un molino primario de martillos que las llevan a una granulometría de 0 -25 mm.

Se efectúa entonces la premezcla de las materias primas de manera que el cemento que ha de resultar, esté acorde con las normas de calidad y tenga la composición adecuada. La mezcla efectuada en los depósitos de materia prima triturada es conducida hacia los molinos de bolas donde continúa la reducción de tamaño de las partículas hasta diámetros del orden de medio milímetro. Esta es la etapa donde se establece la primera gran diferencia entre los principales sistemas de producción de cemento: El *proceso húmedo* y el *proceso seco*.



En el proceso húmedo la molienda de las materias primas ya dosificadas, se realiza con adición de 30 - 40% de agua al molino, por lo que el material resultante es un lodo que

recibe el nombre de pasta y que debe ser manejado por tuberías y homogenizado (como etapa posterior del proceso) en grandes tanques, en los cuales, mediante agitación mecánica, se impide la sedimentación. En el proceso seco la molienda se efectúa sin adición de agua, con lo que el material que sale de los molinos es un polvo que se denomina harina y que se deposita en silos especiales, en los cuales se homogeniza por medio de agitación con aire. Una vez homogenizada la mezcla se pasa a la etapa de *calcinación* que constituye la fase más importante del proceso pues en esta se efectúan todas las reacciones físicas y químicas que dan lugar a la formación del clínker.

La *calcinación* se produce en grandes *hornos rotatorios* inclinados. Estos hornos son alimentados por el extremo superior y la pasta (o harina) desciende lentamente pasando sucesivamente por zonas de mayor temperatura, hasta llegar a la zona final donde se encuentra la llama que se logra quemando algún combustible como fuel oil o carbón.

En los hornos de proceso seco ya que no es necesario eliminar el agua en exceso que tiene el proceso húmedo, se emplea el aire caliente que sale del horno para iniciar el secado de las materias primas. Esto se realiza en grandes torres llamadas precalentadores, con lo cual se reduce notablemente el consumo energético que constituye uno de los mayores costos en la producción del cemento y en consecuencia los hornos son más cortos.

En el proceso húmedo los hornos poseen una zona de cadenas densas que posibilitan el secado de la pasta, por tal motivo son más largos y mayores consumidores de



combustible. Luego de la formación del clínker este pasa a los enfriadores donde le bajan la temperatura a unos 60 – 70 °C.

Para poder utilizar el cemento en todo su poder conglomerante, es necesario que se encuentre en forma de polvo fino, pues solo así puede efectuarse de modo eficiente la hidratación de sus partículas. Esta finura se obtiene por la molienda del clínker en molinos especiales de bolas. En esta etapa, se efectúa la adición de pequeños porcentajes de yeso (3 – 10%), con el fin de controlar el tiempo de fraguado del cemento resultante. *Ver Anexo B y C.*

1.4 – Hornos rotatorios

1.4.1 – Antecedentes

El primer horno rotatorio en la industria del cemento fue introducido por el inglés Frederik Ransome, quien patentó su invención, primero en Inglaterra en mayo del 1885 con el título “Perfeccionamiento en la industria del cemento” y después en Estados Unidos en abril de 1886 con el título “Fabricación del cemento”. Este horno estaba calentado por gas, posteriormente se utilizó la calefacción por petróleo hasta que, finalmente predominó la calefacción por carbón. Las dimensiones del primer horno rotatorio para cemento eran de 1,8 – 2 m de diámetro para una longitud de unos 20 – 25 m y caudales de 30 – 50 t / 24h. Ransome aplicó además a su invención, ladrillos elevadores del material para conseguir la mejor transmisión de calor [5]. *Ver anexo A*

1.4.2 – Características

Los hornos rotatorios desde su introducción han desplazado a los antiguos hornos verticales, constituyen la unidad principal del proceso de fabricación de cemento. Están constituidos por un tubo cilíndrico dispuesto algo inclinado cuya pendiente oscila entre 2



y 6% con relación al plano horizontal, cubiertos en su interior con un forro de material refractario. El tubo descansa sobre dos o varios pares de rodillos de manera tal que las líneas que pasan por el centro del bandaje y el centro de los rodillos forman aproximadamente 30° con respecto al plano vertical. Poseen un diámetro que varía entre 3 y 7 metros y una longitud entre 15 y 35 veces el diámetro, la velocidad de

rotación es de aproximadamente 90 rph. El material se introduce por el extremo superior y la llama se aplica por el otro extremo (trabajan a contracorriente), llegando a alcanzar una temperatura de unos 1450°C , el combustible inyectado puede ser carbón pulverizado, petróleo o gas. Ver figuras 1 y 2.

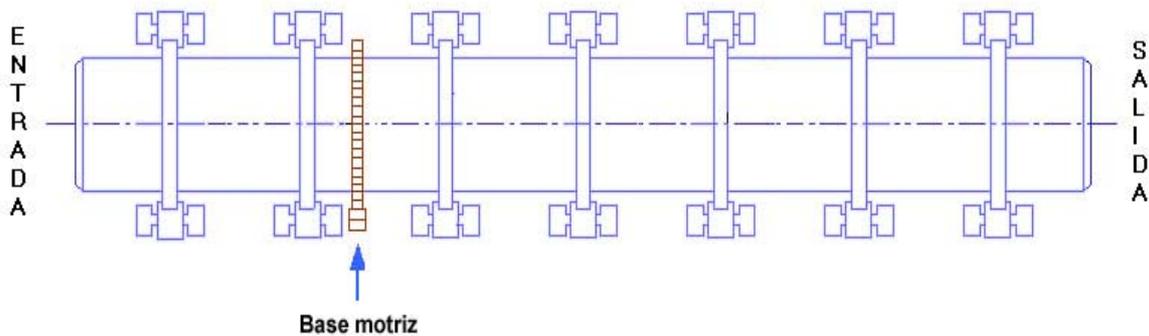


Figura1. Vista del horno rotatorio en plano horizontal

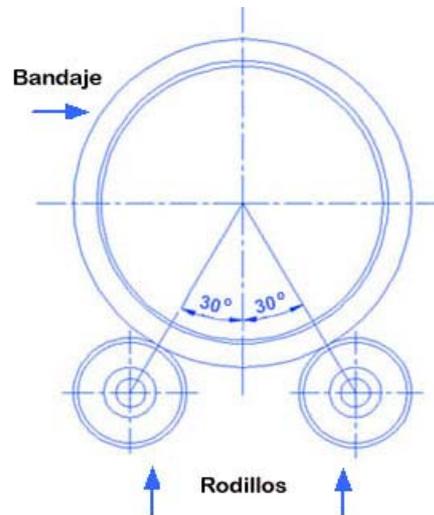


Figura 2. Sección del horno rotatorio

1.5 – Alineación

1.5.1 – Concepto

Las actividades de alineación se realizan en las reparaciones medias y generales de una fábrica de cemento, constituyendo de este modo una medida de seguridad técnica para el funcionamiento aceptable del equipo en el período del proceso productivo. El personal técnico debe estar debidamente calificado y los cálculos y decisiones estarán a cargo de los especialistas en mantenimiento industrial [6].

Alinear significa posicionar los rodillos de apoyo del horno, de forma tal, que la flexión o distorsión en la coraza del mismo sea reducida al mínimo y las cargas sean repartidas adecuadamente en las chumaceras de soporte [7]. En términos más enfáticos alinear presupone; hacer *coincidir el eje de rotación y el eje geométrico* del horno.

1.5.2 – Mediciones



Para realizar los cálculos de alineación se deben realizar una serie de *mediciones* al equipo, por lo que los grupos de apoyo deben estar limpios al igual que los tornillos de regulación, además las marcas de montaje al primer y último apoyo deben estar visibles.

Los instrumentos necesarios para realizar las mediciones son los siguientes:

- De carácter geodésico:
 - a. Teodolito con precisión de 5 mm en 1km.(Dhalta 010A).
 - b. Mira graduada en mm. Con su nivel circular correspondiente.

- De carácter mecánico:
 - a. Escuadra mecánica de combinación de 30 cm.
 - b. Cinta métrica calibrada en mm de 25 – 30 m.
 - c. Punta de trazar.
 - d. Centra punzón.
 - e. Cinta métrica de 5 m.
 - f. Martillo.
 - g. Escuadra mecánica de 600 mm.
 - h. Nivel de burbuja de precisión.

Procedimiento para la obtención de datos

1. Medición de diámetros de rodillos y bandajes



Esta medición se efectúa de forma indirecta midiéndose los perímetros de los rodillos y bandajes en el lugar que apoyan en la pista de rodadura. De esta forma se determina el diámetro por la expresión:

$$D = P / \pi$$

Donde D es el diámetro del bandaje o rodillo y P el perímetro.

2. Medición de la holgura superior

Este procedimiento se realiza por el método del desplazamiento relativo, entre el bandaje y la zapata del apoyo medida en caliente, se efectúa entre una semana y quince días antes de la parada del equipo y a distintas horas del día.

Como primer paso se hacen 2 marcas coincidentes, una en la zapata del horno y otra en el bandaje, posteriormente se le dan entre 3 y 10 vueltas al equipo

tomándose de este modo la distancia existente entre las 2 marcas por lo que se determina holgura superior a través de la siguiente fórmula

$$H = L / \pi * n$$

Donde H es la holgura, L es la longitud entre las 2 marcas y n el número de vueltas al equipo.

3. Medición de las distancias entre los rodillos de apoyo

Se realizan dos mediciones en cada apoyo del horno por las generatrices de los rodillos, teniendo en cuenta que debe ser en la parte de trabajo de la pista de rodadura, para esto se localizan el puntos tangentes a la generatrices de manera que estos puntos estén lo más cercano posible al borde.



4. Medición de las distancias entre la línea de visualización del teodolito y la generatriz del rodillo adyacente.

Para realizar estas mediciones se fija el instrumento óptico (teodolito) a una distancia A del eje equipo y se traza una línea de visualización paralela al mismo, posteriormente se mide la distancia entre la generatriz del rodillo izquierdo o derecho y la línea anteriormente descrita, localizándose los puntos de medición los más al borde posible del rodillo medidos por la parte más pegada a la entrada del material al horno (fría) y por la parte más pegada a la salida del material (caliente). La distancia A es un valor constante y fijo para cada equipo.

5. Medición de temperatura

Se mide la temperatura ambiente y la temperatura de trabajo del bandaje para cada uno de los apoyos del horno.

6. Medición de la altura del eje visual del instrumento óptico sobre el bandaje en el apoyo n (H_{inst_n}).

7. Medición de la elevación o hundimiento del terreno (v_{top}).

A continuación se muestra la nomenclatura utilizada que relaciona los términos de medición:

Término	Descripción
A	Distancia a que se encuentra la línea de visualización del teodolito del eje teórico del equipo.
dde	Diámetro del rodillo derecho por la parte de entrada o fría.



ddm	Diámetro del rodillo derecho por la parte media.
dds	Diámetro del rodillo derecho por la parte de salida o caliente.
die	Diámetro del rodillo izquierdo por la parte de entrada o fría.
dim	Diámetro del rodillo izquierdo por la parte media.
dis	Diámetro del rodillo izquierdo por la parte de salida o caliente.
XE	Distancia de la visual del teodlito a la generatriz del rodillo izquierdo o derecho por la parte de entrada o fría.
XS	Distancia de la visual del teodlito a la generatriz del rodillo izquierdo o derecho por la parte de salida o caliente.
YE	Distancia entre las generatrices de los rodillos por la parte de entrada o fría.
YS	Distancia entre las generatrices de los rodillos por la parte de salida o caliente.
Db/2	Radio del bandaje.
Holg/2	Semiholgura o semiclarencia entre el bandaje y los calzos
Z	Altura del centro del bandaje a la línea que pasa por los centros de los rodillos.
Sd	Espesor de la plancha debajo del rodillo derecho.
Si	Espesor de la plancha debajo del rodillo izquierdo.
to	Temperatura ambiente.
tn	Temperatura de trabajo del bandaje en la base n.
Hinst_n	Altura del eje visual del teodolito al bandaje en el apoyo n.
vtop	Variación topográfica.

Tabla 1. Nomenclatura utilizada



Las figuras siguientes muestran estas magnitudes.

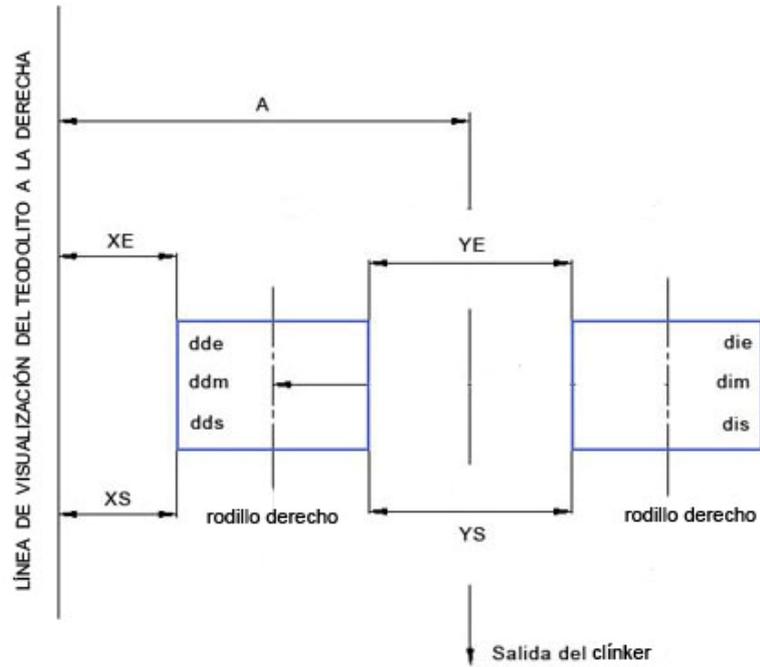


Figura 3. Esquema en plano horizontal de un apoyo del horno rotatorio

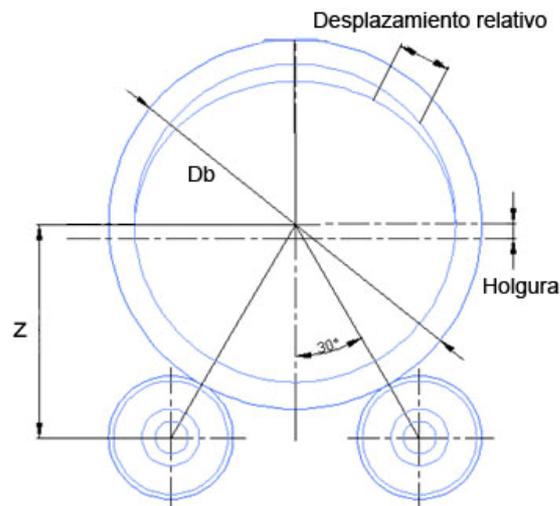


Figura 4. Sección del horno rotatorio



1.5.3 – Norma de Procedimiento del 76. Deficiencias

El objetivo de esta Norma, vigente a partir del primero de enero de 1977, era establecer un procedimiento que uniformara las labores de alineación de los hornos rotatorios. Contenía la periodicidad, instrumentos, cálculos y controles a realizar al equipo [8].

Teniendo en cuenta el concepto de alineación planteado al inicio de esta sección se tiene que:

Para determinar la posición teórica de los ejes de los rodillos derecho e izquierdo de un grupo de apoyo (base), respecto a la línea de visualización del teodolito situada a una distancia A (a la derecha) del eje de proyecto del horno en el plano *horizontal* deben emplearse las siguientes fórmulas:

El resultado de $A - CD$ es la posición en la que debe estar el eje del rodillo derecho con relación al eje de proyecto, donde CD es la distancia del eje del horno al centro del rodillo derecho.

El resultado de $A + CI$ es la posición en la que debe estar el eje del rodillo izquierdo con relación al eje de proyecto, donde CI es la distancia del eje del horno al centro del rodillo izquierdo.

En caso de que la línea de visualización del teodolito se encuentre a la izquierda del eje de proyecto del horno las fórmulas serían las siguientes:

El resultado de $A - CI$ representaría la posición teórica del rodillo izquierdo y el de $A + CD$ la del rodillo derecho.



La Norma de Procedimiento del 76 propone para determinar los valores de CD y CI las fórmulas siguientes:

$$CD = B/2 + (dd - di)/4 \quad (1)$$

$$CI = B/2 + (di - dd)/4 \quad (2)$$

Donde B es el valor medio de la distancia entre los ejes de los rodillos derecho e izquierdo, dd es el diámetro medio del rodillo derecho y di el diámetro medio del rodillo izquierdo.

Estas fórmulas de CD y CI brindan valores aproximados y poco precisos que no se corresponden con la posición exacta del eje de los rodillos en relación con el eje del horno en cada grupo apoyo, principalmente cuando existen diferencias apreciables entre los diámetros de los rodillos.

A continuación se muestra un ejemplo que describe lo anterior:

Ejemplo 1

Suponiendo que para el primer grupo de apoyo de un horno determinado se tienen los siguientes valores:

$$dd = 1400 \text{ mm}$$

$$di = 1350 \text{ mm}$$

$$Db = 4770 \text{ mm}$$

$$B = 3058.9 \text{ mm}$$

Aplicando las fórmulas 1 y 2 se tienen los siguientes resultados:



$$CD = 1541.95 \text{ mm}$$

$$CI = 1516.95 \text{ mm}$$

El método nuevo que propone el presente trabajo, determina los valores de CD y CI a partir de las relaciones entre los lados del triángulo casi equilátero formado por los centros del bandaje y el centro de los rodillos respectivamente. *Ver figura 5.*

Donde:

RD es el lado derecho del triángulo si se mira el equipo desde de la entrada del material hacia la salida. Se determina a partir de la semisuma del diámetro del rodillo derecho y el diámetro del bandaje. De esta manera RD se calcula como:

$$RD = (dd + Db)/2$$

RI es el lado derecho del triángulo si se mira el equipo desde de la entrada del material hacia la salida. Se determina a partir de la semisuma del diámetro del rodillo izquierdo y el diámetro del bandaje. De esta manera RI se calcula como:

$$RI = (di + Db)/2$$

B es la base del triángulo y *Ym* la distancia media entre las generatrices de los rodillos izquierdo y derecho de un grupo de apoyo. *B* se determina a partir de la semisuma del diámetro del rodillo derecho y el diámetro del rodillo izquierdo a cuyo valor se le adiciona *Ym*. De esta manera *B* se calcula como:

$$B = (dd + di)/2 + Ym$$

Puede calcularse también a partir de la suma entre CD y CI, de esta forma:



$$B = CD + CI \quad (3)$$

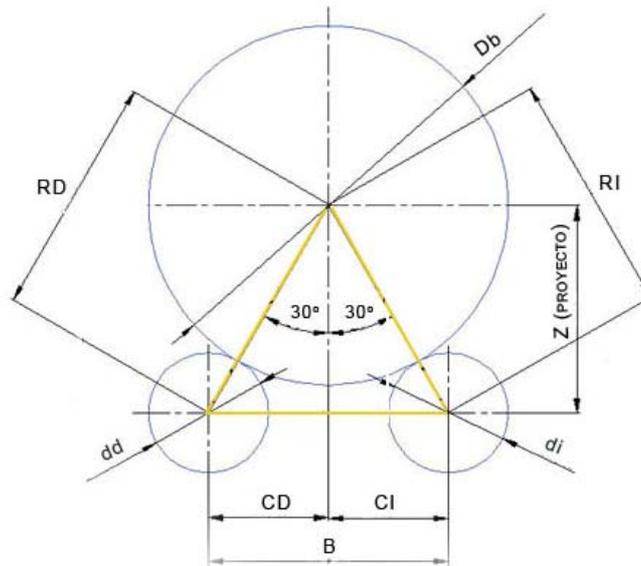


Figura 6. Sección del horno rotatorio

La determinación de CD y CI se realiza igualando las alturas de cada uno de los triángulos rectángulos formados.

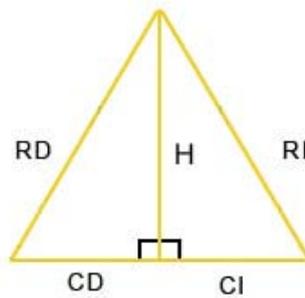


Figura 7. Triángulo equilátero

Utilizando el teorema de Pitágoras se tiene:

$$H^2 = RD^2 - CD^2 \quad \text{y} \quad H^2 = RI^2 - CI^2$$



Igualando ambas ecuaciones

$$RD^2 - CD^2 = RI^2 - CI^2$$

Despejando CI en 3

$$CI = B - CD$$

$$RD^2 - CD^2 = RI^2 - (B - CD)^2$$

$$RD^2 - CD^2 = RI^2 - (B^2 - 2*B*CD + CD^2)$$

$$RD^2 - CD^2 = RI^2 - B^2 + 2*B*CD - CD^2$$

Despejando CD se define:

$$CDn = (RD^2 + B^2 - RI^2) / 2*B \quad (4)$$

De forma similar se obtiene la expresión de CI

$$CIn = (RI^2 + B^2 - RD^2) / 2*B \quad (5)$$

De este modo se considera que las fórmulas 4 y 5 son mucho más exactas porque han sido concebidas por relaciones matemáticas de los lados de un triángulo. Utilizando dichas expresiones con los valores numéricos del caso anterior se obtiene:

$$CDn = 1554.6 \text{ mm}$$

$$CIn = 1504.3 \text{ mm}$$

La diferencia entre los valores determinados con el sistema propuesto y los obtenidos aplicando las fórmulas expresadas en la Norma del 76 es la siguiente:

$$CDn - CD = 1554.6 - 1541.95 = 12.65 \text{ mm}$$



$$C_{In} - C_I = 1504.3 - 1516.95 = -12.65 \text{ mm}$$

Como puede observarse la diferencia entre el método viejo y el nuevo es apreciable. Por lo que el método normado resulta poco confiable.

1.5.4 – Métodos propuestos

En aras de realizar una descripción de la metodología empleada se definen 4 tipos de cálculo:

1- Visual derecha sin medición vertical (VD_SMV)

Este tipo de cálculo se emplea cuando la línea de visualización del teodolito se encuentra a la derecha del equipo y no existe desgaste de rodillos y bandajes.

2- Visual derecha con medición vertical (VD_CMV)

Este tipo de cálculo se emplea cuando la línea de visualización del teodolito se encuentra a la derecha del equipo y el desgaste de rodillos y bandajes es considerable.

3- Visual izquierda con medición vertical (VI_CMV)

Este tipo de cálculo se emplea cuando la línea de visualización del teodolito se encuentra a la izquierda del equipo y el desgaste de rodillos y bandajes es considerable.

4- Visual izquierda sin medición vertical (VI_SMV)

Este tipo de cálculo se emplea cuando la línea de visualización del teodolito se encuentra a la izquierda del equipo y no existe desgaste de rodillos y bandajes.



Para calcular la desviación horizontal del eje cuando la línea de visualización del teodolito se encuentra a la derecha del equipo independientemente si existe o no desgaste de bandajes y rodillos se emplean las siguientes fórmulas:

$$\text{MHRDF} = \text{ACD} - \text{LF} + \text{DF}$$

$$\text{MHRDC} = \text{ACD} - \text{LC} - \text{DF}$$

$$\text{MHRIF} = \text{BLF} - \text{ACI} + \text{DC}$$

$$\text{MHRIC} = \text{BLC} - \text{ACI} - \text{DC}$$

La desviación para cada uno de los apoyos se obtiene a partir de:

$$(\text{MHRDF} + \text{MHRDC})/2 * (-1) \text{ ó } (\text{MHRIF} + \text{MHRIC})/2 * (-1)$$

Donde:

$$\text{ACD} = \mathbf{A - CD}$$

$$\text{ACI} = \mathbf{A + CI}$$

CD y CI fueron deducidas en la sección anterior

$$\text{BLF} = \text{LF} + \text{BF}$$

$$\text{LF} = \text{XE} + \text{dde}/2$$

$$\text{BF} = \text{YE} + (\text{dde} + \text{die})/2$$

$$\text{BLC} = \text{LC} + \text{BC}$$

$$\text{LC} = \text{XS} + \text{dds}/2$$

$$\text{BC} = \text{YC} + (\text{dds} + \text{dis})/2$$

$$\text{DF} = (\text{dde} - \text{dds})/4$$

$$\text{DC} = (\text{dis} - \text{die})/4$$



Para calcular la desviación horizontal del eje cuando la línea de visualización del teodolito se encuentra a la derecha del equipo independientemente si existe o no desgaste de rodillos y bandajes se emplean las siguientes fórmulas:

$$\text{MHRDF} = \text{BLF} - \text{ACD} - \text{DF}$$

$$\text{MHRDC} = \text{BLC} - \text{ACD} - \text{VAR1}$$

$$\text{MHRIF} = \text{ACI} - \text{LF} - \text{VAR2}$$

$$\text{MHRIC} = \text{ACI} - \text{LC} - \text{DC}$$

La desviación para cada uno de los apoyos se obtiene a partir de:

$$(\text{MHRDF} + \text{MHRDC})/2 * (-1) \text{ ó } (\text{MHRIF} + \text{MHRIC})/2 * (-1)$$

Donde:

$$\text{ACD} = \mathbf{A} + \mathbf{CD}$$

$$\text{ACI} = \mathbf{A} - \mathbf{CI}$$

$$\text{VAR1} = (\text{die} - \text{dis})/4$$

$$\text{VAR2} = (\text{dds} - \text{dde})/4$$

Los parámetros que no se mencionan ya fueron descritos anteriormente.

Para calcular la desviación del eje en el plano vertical cuando existe desgaste de rodillos y bandajes con independencia de la ubicación de la línea de visualización del teodolito se emplean las siguientes fórmulas.

$$\text{SV} = \text{Db}/2 + \text{Hinst (media)} + \text{Holg}/2$$

Donde SV se define como suma vertical en la base n y Hinst (media) es la suma de todas las Hinst medidas en la base n.



La variación del eje real tomando como referencia una de las bases extremas del equipo se calcula como:

$$\text{Var eje real} = \text{SV1} - \text{SV}$$

SV1 es la suma vertical de una base extrema, en este caso la 1.

Para calcular la desviación del eje en el plano vertical cuando no existe desgaste de rodillos y bandajes con independencia de la ubicación de la línea de visualización del teodolito se emplean las siguientes fórmulas.

$$\text{Var eje real} = E - Z + (\text{Sd} + \text{Si})/2 + \text{vtop}$$

Donde E es la altura real del bandaje en cada base y se calcula como:

$$E = \text{DE} + \text{EI}$$

$$\text{EI} = \sqrt{(\text{RI}^2 - \text{CI}^2)} - \text{Holg} + \text{Si}$$

$$\text{DE} = \sqrt{(\text{RD}^2 - \text{CD}^2)} - \text{Holg} + \text{Sd}$$

En la determinación de los movimientos de los rodillos para corregir una desviación vertical se utilizan las fórmulas que a continuación se enuncian:

$$\text{MRD} = \text{CD} - \sqrt{\text{RD}^2 - (\text{E} + \text{h}/2 - \text{Var}/\text{Bmotriz} - \text{vtop})^2}$$

$$\text{MRI} = \sqrt{\text{RI}^2 - (\text{E} + \text{h}/2 - \text{Var}/\text{Bmotriz} - \text{vtop})^2} - \text{CI}$$



Donde Var/B_{motriz} es la variación de altura referida a la base motriz.

Corrección de los ejes

Corregir el eje del horno cuando este está alineado consiste en trasladarlo hacia la derecha o izquierda en el plano horizontal y en el plano vertical trasladarlo hacia arriba o hacia abajo. Esta corrección del eje del horno se realiza buscando una holgura adecuada entre los dientes del piñón y la catalina de la base motriz de manera que no se produzcan partiduras de los mismos.

La magnitud de esta holgura está dada por la fórmula:

$$\text{holg} = 0.25m + P/2$$

Donde:

m – es el módulo del diente del engrane

P - es la pulsación de la catalina.

Para una catalina bien centrada el valor de P debe ser como máximo 3mm, si es mayor se recomienda centrarla.

Para calcular algunas estadísticas del estado de operación del equipo se tiene:

$$\Theta_{\text{der Ini}} = \tan^{-1} (CD / E - \text{Holg}/2)$$

$$\Theta_{\text{izq Ini}} = \tan^{-1} (CI / E - \text{Holg}/2)$$

$$\Theta_{\text{der fin}} = \sin^{-1} (CD_{\text{final}} / RD)$$

$$\Theta_{\text{izq fin}} = \sin^{-1} (CI_{\text{final}} / RI)$$

Donde:

$\Theta_{\text{der Ini}}$ es el ángulo derecho inicial en la base n

$\Theta_{\text{izq Ini}}$ es el ángulo izquierdo inicial en la base n



Θ der fin es el ángulo derecho final en la base n

Θ izq fin es el ángulo izquierdo final en la base n

$$\text{holg rol der} = Z - RD * 0.866$$

$$\text{holg rol izq} = Z - RI * 0.866$$

Donde:

holg rol der es la holgura en la base del rodillo derecho

holg rol izq es la holgura en la base del rodillo izquierdo

$$\text{Desg RI} = \text{diam rol nuevo} - di$$

$$\text{Desg RD} = \text{diam rol nuevo} - dd$$

$$di = die + dim + dis$$

$$dd = dde + ddm + dds$$

Donde:

Desg RI es el desgaste del rodillo izquierdo

Desg RD es el desgaste del rodillo derecho

diam rol nuevo es el diámetro del nuevo rodillo puesto a la base n

$$\text{DesgB} = \text{diam ban nuevo} - Db$$

Donde:

diam ban nuevo es el diámetro del nuevo bandaje puesto a la base n

Finalmente se propone un indicador de calidad de la alineación el cual se relaciona a continuación:



Calidad = $EFR / Z * 100$ → expresa en %

Donde:

EFR representa la altura final del triángulo formado entre el centro del bandaje y el centro de los rodillos en la base n. Este valor se compara con la altura de proyecto Z .

$$EFR = (ERD + ERI) / 2$$

$$ERD = \cos (\Theta \text{ der fin}) * RD - \text{Holg} / 2$$

$$ERI = \cos (\Theta \text{ lzq fin}) * RI - \text{Holg} / 2$$

1.6 – Sistemas informáticos existentes

En la actualidad los sistemas para alineación de hornos están estrechamente vinculados a los instrumentos con tecnología láser que se utilizan para monitorear los centros de rotación del equipo. Las grandes compañías como Phillips Killn Services LTD y CES (Cement Engineering Services Co) que prestan servicios de esta índole poseen patentes y derechos de autor sobre estos sistemas por lo que no resultan de conocimiento público.

Circunscribiéndonos al contexto cubano se tiene ***PulsAlin versión 1.0 Beta***. Sistema para la ejecución del conjunto de operaciones matemáticas utilizadas en la determinación de los valores necesarios para alinear y/o determinar el centro de masa de los hornos rotatorios en la industria cementera . Realizado en la Fábrica de Cemento Siguaney en 1997. Contaba con 5 módulos de trabajo; *Alineación* , *Pulsación*, *Nomenclador*, *Ambiente* y *Sistema*.

El módulo Alineación permitía realizar las tareas para la alineación de los hornos rotatorios (selección del equipo a alinear, entrada de datos, realización de cálculos y resguardo de los datos en forma de fichero con extensión . ALI). El módulo Pulsación



tenía como objetivo fundamental determinar el centro de masa del equipo, el módulo Nomenclador permitía actualizar los ficheros nombrados por el sistema (hornos y empresas), el módulo Ambiente posibilitaba modificar los elementos del ambiente de trabajo y el módulo Sistema brindaba información general y herramientas de trabajo (calculadora, calendario, ayuda y administración de archivos).

Las principales ventajas de este sistema se relacionan a continuación:

- Constituyó un primer intento de automatización de los métodos de cálculo para la alineación de hornos rotatorios en Cuba.
- Incluía metodología matemática para determinar la pulsación del equipo.

Las deficiencias radican en lo siguiente:

- Resguardo de los resultados en forma de ficheros.
- Poco tratamiento gráfico de los resultados obtenidos.
- No brindaba la posibilidad al usuario de realizar correcciones.
- No ofrecía control de acceso al sistema.
- La metodología matemática implementada aún presentaba inconsistencias.

Este sistema resultó inoperante y dejó de existir por causas desconocidas.

1.7 – Tendencias, metodologías y/o tecnologías actuales

1.7.1 – UML

UML (Unified Modeling Language, Lenguaje Unificado de Modelado) es un lenguaje para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software con tecnología orientada a objetos, aprobado como estándar por la OMG



(Object Management Group) en 1997. 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 de facto para definir, organizar y visualizar los elementos que configuran la arquitectura de una aplicación orientada a objetos **[9]**.

UML no es un lenguaje de programación sino un lenguaje de propósito general para el modelado orientado a objetos, puede considerarse además como un lenguaje de modelación visual que permite una abstracción del sistema y sus componentes **[10]**.

Entre sus objetivos fundamentales se encuentran: **[9]**

1. Ser tan simple como sea posible, pero manteniendo la capacidad de modelar toda la gama de sistemas que se necesita construir.
2. Ser lo suficientemente expresivo como para manejar todos los conceptos que se originan en un sistema moderno, tales como la concurrencia y distribución, así como también los mecanismos de ingeniería de software, como son el encapsulamiento y los componentes.
3. Ser un lenguaje universal, como cualquier lenguaje de propósito general.
4. Imponer un estándar mundial.

La decisión de utilizar UML como notación, para el desarrollo del sistema propuesto se debe a que se ha convertido en un estándar de obligada referencia que tiene las siguientes características: **[11]**

- Permite modelar sistemas utilizando técnicas orientadas a objetos (OO).
- Permite especificar todas las decisiones de análisis y diseño con construcción de modelos precisos, no ambiguos y completos.
- Puede conectarse con lenguajes de programación (Ingeniería directa o inversa).



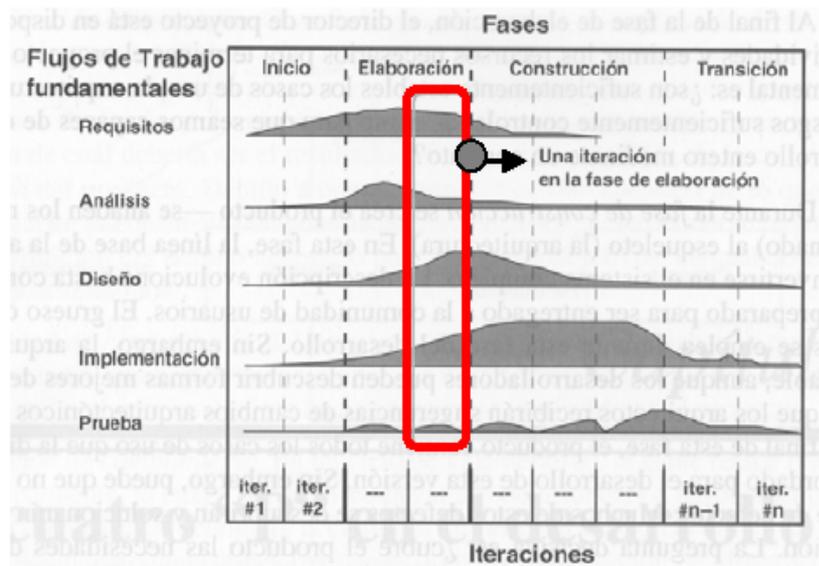
- Permite documentar todos los artefactos de un proceso de desarrollo (requisitos, pruebas, versiones, etc.).
- Es un lenguaje muy expresivo que cubre todas las vistas necesarias para desarrollar y luego desplegar sistemas.
- Existe un equilibrio entre expresividad y simplicidad, pues no es difícil de aprender ni de utilizar.

1.7.2 – RUP

El Proceso Unificado de Desarrollo, fue creado por el mismo grupo de expertos que crearon UML, Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh en el año 1998. El objetivo que se perseguía con esta metodología era producir software de alta calidad, que cumpliera con los requerimientos de los usuarios dentro de una planificación y presupuesto establecidos [12]. Esta metodología concibió desde sus inicios el uso de UML como lenguaje de modelado.

Es un proceso dirigido por casos de uso y avanza a través de una serie de flujos de trabajo, que parten de los casos de uso; está centrado en la arquitectura y es iterativo e incremental [13]. Además cubre el ciclo de vida de desarrollo de un proyecto y toma en cuenta las mejores prácticas a utilizar en el modelo de desarrollo de software. A continuación se enuncian estas prácticas [14].

- Desarrollo de software de forma iterativa.
- Manejo de requerimientos.
- Utiliza arquitectura basada en componentes.
- Modela el software visualmente.
- Verifica la calidad del software.
- Controla los cambios.



**Figura 8. Flujos de trabajo de la metodología RUP
(Requisitos, Análisis, Diseño, Implementación y Prueba)**

Para apoyar el trabajo con esta metodología ha sido desarrollada por la Compañía norteamericana Rational Corporation la herramienta CASE (Computer Assisted Software Engineering) Rational Rose en el año 2000. Esta herramienta integra todos los elementos que propone la metodología para cubrir el ciclo de vida de un proyecto.

La utilización de RUP para la elaboración del presente documento y para llevar a cabo paso a paso todo el proceso de desarrollo del software propuesto, responde fundamentalmente a que esta metodología se ha convertido en un estándar internacional para guiar el proceso de desarrollo de software, y además porque se cuenta con la herramienta CASE Rational Rose que la soporta, con la que se han elaborado todos los diagramas incluidos en esta documentación.



1.8 – Lenguaje y herramientas utilizadas

1.8.1 – C++

El lenguaje C++ se comenzó a desarrollar en 1980. Su autor fue Bjarne Stroustrup. Al comienzo era una extensión de C que fue denominada C with classes. El nombre C++ hace referencia al carácter del operador incremento de C (++).

En la actualidad, el C++ es un lenguaje versátil, potente y de propósito general. Su éxito entre los programadores profesionales le ha llevado a ocupar uno de los primeros puestos como herramienta de desarrollo de aplicaciones. El C++ mantiene las ventajas del C en cuanto a riqueza de operadores y expresiones, flexibilidad, consición y eficiencia. Además ha eliminado algunas de las dificultades y limitaciones del C original. Las principales características del C++ son: abstracción (encapsulación), soporte para programación orientada a objetos (polimorfismo) y soporte de plantillas o programación genérica (templates). Por ende, se puede decir que C++ es un lenguaje que abarca tres paradigmas de la programación: la programación estructurada, la programación genérica y la programación orientada a objetos. Posee además la capacidad de reutilización de código en forma de librerías de usuarios. Los programas escritos en C++ tienen la ventaja que son más compactos y rápidos a diferencia de otros lenguajes de programación [15].

La utilización del C++ como lenguaje de programación del sistema propuesto está dado; por todas las prestaciones y ventajas que ofrece el mismo, además de ser el que más domina la autora del presente trabajo.

1.8.2 – Borland C++ Builder v6.0

C++ Builder es un ambiente de desarrollo rápido de aplicaciones (RAD) muy flexible y fácil de usar. Utiliza el C++ como lenguaje de programación. En estos últimos años ha



tenido una gran repercusión dentro del mundo de la programación visual. Presenta un ambiente de desarrollo para aplicaciones controladas por eventos de usuario sobre interfaces gráficas y proporciona una jerarquía muy extensa de clases de objetos reusables. Constituye una herramienta de propósito general, en contraposición a ello, tiene poco soporte para red y sus aplicaciones solo funcionan sobre la plataforma Windows [16].

En consecuencia se ha decidido utilizar como herramienta de programación Borland C++ Builder V6.0.

1.8.3 – Adobe Photoshop CS

Aplicación informática de edición y retoque de imágenes elaborada por la compañía de software Adobe inicialmente para computadores Apple pero posteriormente para plataformas PC. Photoshop en sus primeras versiones trabajaba en un espacio bitmap formado por una sola capa, donde se podían aplicar toda una serie de efectos, textos, marcas y tratamientos. El software en su evolución ha incluido diversas mejoras, como la incorporación de un espacio de trabajo multicapa, inclusión de elementos vectoriales, gestión avanzada de color, tratamiento extensivo de tipografías, control y retoque de color, efectos creativos, posibilidad de incorporar plugins de terceras compañías, entre otros. Photoshop se ha convertido, casi desde sus comienzos, en el estándar mundial de retoque fotográfico; pero también se usa extensivamente en multitud de disciplinas del campo del diseño y fotografía, como diseño Web, composición de imágenes bitmap, estilismo digital, fotocomposición, edición y grafismos de vídeo y básicamente en cualquier actividad que requiera el tratamiento de imágenes digitales [17].

Adobe Photoshop CS constituye una herramienta de tratamiento gráfico muy potente que se ajusta a las necesidades del sistema, razón que justifica su uso.



1.8.4 – AutoCAD 2005

AutoCAD es un programa de diseño asistido por ordenador (CAD "*Computer Aided Design*") para dibujo en 2D y 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

Al igual que otros programas de Diseño Asistido por Ordenador (DAO), AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica, denominada editor de dibujo. La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o desde la línea de órdenes.

Como todos los programas de DAO, procesa imágenes de tipo vectorial, aunque admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos. El programa permite organizar los objetos por medio de *capas* o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de bloques, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos. AutoCad, a partir de la versión 11, utiliza el concepto de espacio modelo y espacio papel para separar las fases de diseño y dibujo en 2D y 3D, de las específicas para obtener planos trazados en papel a su correspondiente escala.

Parte del programa AutoCAD está orientado a la producción de planos, empleando para ello los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo, como color, grosor de líneas y texturas tramadas. La extensión del archivo de AutoCAD es **.dwg**, aunque permite exportar en otros formatos (el más conocido es el **.dxf**).



Las aplicaciones del programa son múltiples, desde proyectos y presentaciones de ingeniería, hasta diseño de planos o maquetas de arquitectura. Es también un entorno programable en múltiples lenguajes, entre los que se puede destacar:

- AutoLISP - Una adaptación de LISP para AutoCad.
- VBA - Programación en Visual Basic.
- ObjectARX - Permite desarrollar librerías en C/C++ para ser utilizadas por AutoCAD.

De este modo, se elige AutoCAD como herramienta de diseño por constituir una de las aplicaciones que más prestaciones ofrece en ese campo.

1.9 – Sistema Gestor de Base de Datos

1.9.1 – Microsoft Access

Microsoft Access es un sistema de gestión de bases de datos creado y modificado por Microsoft para uso personal o de pequeñas organizaciones. Es un componente de la Suite Microsoft Office aunque no se incluye en el paquete básico. Su principal función es ser una potente base de datos, capaz de trabajar en sí misma o bien con conexión hacia otros lenguajes de programación, tales como Visual Basic 6.0 o Visual Basic .NET. Brinda la posibilidad de realizar consultas directas a las tablas mediante instrucciones SQL (Structure Query Language, Lenguaje de Consulta Estructurado).

Permite el ingreso de datos de tipo: Numérico, Texto, Fecha, Sí/No, OLE, Moneda, Memo y Boolean. Pueden desarrollarse aplicaciones completas basadas en Microsoft Access, pues trae consigo las herramientas necesarias para el diseño y desarrollo de formularios. Ofrece la posibilidad adicional de crear ficheros con bases de datos que pueden ser consultados por otros programas. **[18]**



Las principales funcionalidades de Access son las siguientes:

- Crear tablas de datos indexadas.
- Modificar tablas de datos.
- Relaciones entre tablas (creación de bases de datos relacionales).
- Creación de consultas y vistas.
- Consultas referencias cruzadas.
- Consultas de acción (INSERT, DELETE, UPDATE).
- Formularios.
- Informes.
- Llamadas a la API de Windows.
- Interacción con otras aplicaciones que usen VBA (resto de aplicaciones de Microsoft Office, Autcad, etc.).
- Macros.

Es un software de gran difusión entre pequeñas empresas cuyas bases de datos no requieren de excesiva potencia, ya que se integra perfectamente con el resto de aplicaciones de Microsoft.

Por las ventajas anteriormente expuestas y considerando al mismo tiempo las exigencias de la organización a cual va dirigido este trabajo, se escoge Microsoft Access como Sistema Gestor de Base de Datos.

1.10 – Conclusiones del capítulo

En este capítulo se describió todo lo concerniente al marco teórico del objeto de estudio se definieron conceptos tales como: cemento, proceso productivo, hornos rotatorios y alineación. Se formalizaron las dificultades existentes en la entidad y se plantearon los métodos de solución propuestos. Se describieron las metodologías, herramientas y lenguajes utilizados así como se caracterizaron los sistemas existentes conocidos.



2

CAPÍTULO ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

2.1 – Introducción al capítulo

El presente capítulo tiene como propósito realizar un estudio de los procesos del negocio de la organización, identificándose para ello los actores y trabajadores que en él intervienen, las reglas que lo caracterizan, los diferentes diagramas y modelos y la descripción de los casos de uso. Se realiza un análisis del modelo del sistema donde quedan definidos los requerimientos funcionales y no funcionales, los actores y los casos de uso implicados. Se hace una descripción detallada del futuro funcionamiento de la aplicación a través del diagrama de casos de uso y la descripción de los mismos y por último se analiza el modelo de datos del sistema a través del diagrama de clases del diseño, el diagrama del modelo físico y lógico y el diagrama de implementación.

2.2 – Descripción del modelo del negocio

Según la metodología RUP, el modelado del negocio es un flujo de trabajo clave para lograr un desarrollo exitoso del producto, puesto que describe el flujo de los procesos que serán objeto de automatización con el sistema informático, y establece una buena comunicación entre los desarrolladores, los clientes y el usuario final.

El modelado del negocio es una técnica que permite comprender los procesos del negocio de la organización y se desarrolla en dos pasos: **[19]**



1. Confección de un modelo de casos de uso del negocio que identifique los actores y casos de uso del negocio que utilicen los actores.
2. Desarrollo de un modelo de objetos del negocio compuesto por trabajadores y entidades de este, que juntos realizan los casos de uso del negocio.

2.2.1 – Descripción de los procesos del negocio

El primer paso del modelado del negocio consiste en capturar y definir los procesos de negocio de la organización bajo estudio, tarea crucial que define los límites del proceso de modelado posterior.

Un proceso de negocio se entiende como un grupo de tareas relacionadas de manera lógica que se llevan a cabo en determinada secuencia, y producen o manipulan una colección de datos empleando recursos de la organización para dar resultados que apoyan sus objetivos.

La producción de cemento de alta calidad es el objetivo fundamental de la fábrica de cemento de Siguaney. Muchas veces este proceso se ve afectado por el deterioro gradual de los equipos que no escapan a los abatares del tiempo, el flujo ininterrumpido de producción y la mala manipulación (en algunas ocasiones) del personal especializado. El funcionamiento adecuado de estos equipos no solo aumenta su vida útil sino que también contribuye al ahorro de recursos económicos, pues se evitan los paros indeseados de la producción.

El horno rotatorio, unidad principal de una empresa de cemento, es sometido a reparaciones medias o generales como promedio 2 veces al año. Como parte del mantenimiento preventivo planificado de estos equipos se lleva a cabo el proceso de alineación, tarea de vital importancia que contribuye a la determinación de las características del estado de operación del equipo



La Dirección Administrativa de Mantenimiento de la empresa es la encargada de solicitar al ingeniero mecánico especializado la realización de las labores de alineación. El ingeniero por su parte se dirige hacia el equipo con los instrumentos necesarios para de este modo realizar las mediciones pertinentes, entiéndase por esto, medir diámetros de bandajes y rodillos, holgura entre bandajes y calzos, distancia entre las generatrices de los rodillos, distancia entre la línea de visualización del teodolito y la generatriz del rodillo izquierdo o derecho, temperatura ambiente y temperatura de trabajo del bandaje, variación topográfica, altura del equipo entre otras. Una vez realizadas estas mediciones y en dependencia del estado de los proyectos iniciales de montaje del equipo (grado de desgaste de rodillos y bandajes) y la posición del sistema motriz (a la izquierda o a la derecha) se elige el tipo de cálculo a emplear para determinar la desviación horizontal y vertical del eje del horno. Una vez realizadas estas acciones se obtienen los movimientos totales a ejecutar a los rodillos y algunas estadísticas del estado de operación del equipo tales como: desgaste de bandajes y rodillos, holgura en la base de los rodillos, altura final contra proyecto etc., posteriormente se emite un informe a los ejecutores (mecánicos) con los valores que indican los movimientos a realizar y otro general a la Dirección Administrativa de Mantenimiento.

2.3 – Reglas del negocio

Las reglas de negocio describen políticas que deben cumplirse o condiciones que deben satisfacerse, por lo que regulan algún aspecto del negocio.

El proceso de especificación implica que hay que “identificarlas” dentro del negocio, “evaluar” si son relevantes dentro del campo de acción que se está modelando e “implementarlas” en la propuesta de solución.

Partiendo de lo planteado anteriormente fueron identificadas las siguientes:

1. El sistema propuesto manipula hornos soportados sobre 2 y hasta 7 pares de rodillos como máximo.
2. El valor de pendiente de proyecto del equipo oscila entre 2 y 6 %.



3. El ángulo existente entre el bandaje y el centro de los rodillos es de $30^\circ (\pm 2^\circ)$.
4. Antes de realizar algún cálculo de alineación el especialista encargado de la actividad debe realizar una serie de mediciones al equipo.
5. La unidad de medida para expresar la longitud del equipo será el metro (m).
6. La unidad de medida para expresar el valor de la constante A, el diámetro de los bandajes, el diámetro de los rodillos, la distancia entre las generatrices de los rodillos, la distancia entre la visual del teodolito y las generatrices de los rodillos, el espesor de la plancha debajo de los rodillos será el (mm).
7. Los valores positivos de corrección horizontal significan desplazamiento del eje del equipo hacia la izquierda y los negativos desplazamiento hacia la derecha.
8. Los valores positivos de corrección vertical significan desplazamiento hacia abajo del eje del equipo y los negativos desplazamiento hacia arriba.
9. Los valores positivos en el cálculo de los movimientos totales significan desplazamiento de los rodillos hacia adentro y los negativos, desplazamiento hacia afuera.
10. Los reportes de alineación tendrán un formato predefinido que incluirán la fecha, la identificación del equipo alineado, la empresa a que pertenece, las mediciones realizadas por base, los gráficos que muestran la desviación horizontal y vertical del eje del equipo, los movimientos totales a los rodillos con su correspondiente esquema y estadísticas del estado de operación del horno.

2.4 – Modelo de casos de uso del negocio

El modelo de casos de uso del negocio es un modelo que describe los procesos de negocio de una empresa en términos de casos de uso y actores del negocio en correspondencia con los procesos del negocio y los clientes respectivamente. El modelo de casos de uso del negocio presenta un sistema (en este caso, el negocio) desde la perspectiva de su uso y esquematiza como proporciona valor a sus usuarios. Este modelo permite a los modeladores comprender mejor que valor proporciona el negocio a sus actores.[20]



En otras palabras el modelo de casos de uso del negocio describe como el negocio es utilizado por sus clientes y socios.

Este modelo es definido a través de tres artefactos: el diagrama de casos de uso del negocio, la descripción de los casos de uso del negocio y el diagrama de actividades de casos de uso del negocio.

2.4.1 – Actores del negocio

Un actor del negocio es cualquier individuo, grupo, entidad, organización, máquina o sistema de información externos; con los que el negocio interactúa. Lo que se modela como actor es el rol que se juega cuando se interactúa con el negocio para beneficiarse de sus resultados [21].

En consecuencia, se define como actor del negocio investigado el siguiente:

Actor	Descripción
Dirección Administrativa de Mantenimiento	Es el responsable de hacer la solicitud de alineación a un horno determinado al ingeniero especializado, al final de la actividad recibe un reporte con los movimientos totales a ejecutar a los rodillos de apoyo y algunas estadísticas del estado de operación del equipo.

Tabla 2. Actores del negocio

2.4.2 – Trabajadores del negocio

Un trabajador del negocio es una abstracción de una persona (o grupo de personas), una máquina o un sistema automatizado; que actúa en el negocio realizando una o



varias actividades, interactuando con otros trabajadores del negocio y manipulando entidades. Representa un rol [22].

A continuación se muestra una tabla que relaciona los trabajadores del negocio investigado.

Trabajador	Descripción
Ingeniero Mecánico	Es el responsable de realizar las mediciones al equipo, para de este modo determinar los parámetros de control de alineación, los movimientos totales a los rodillos y algunas estadísticas del estado de operación del equipo.
Ejecutores	Son los responsables de ejecutar los movimientos totales a los rodillos de apoyo del equipo.

Tabla 3. Trabajadores del negocio

2.4.3 – Diagrama de casos de uso del negocio

Un diagrama de casos de uso representa gráficamente los procesos del negocio como casos de usos y su interacción con los actores. Para tener una visión general de los procesos de la organización, fue confeccionado el siguiente diagrama de casos de usos del negocio.

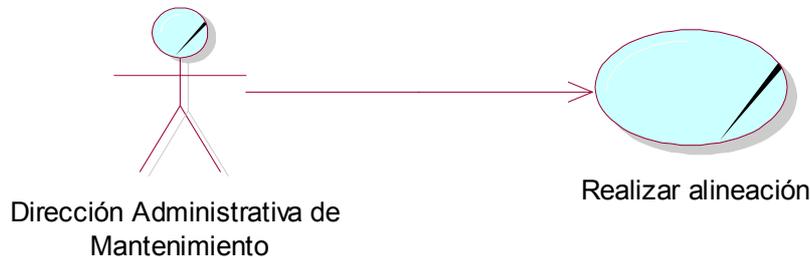


Figura 9. Diagrama de casos de uso del negocio

2.4.4 – Descripción de los casos de uso del negocio

Nombre del Caso de Uso		<i>Realizar alineación</i>
Actor		Dirección Administrativa de Mantenimiento (inicia)
Propósito	Este caso de uso tiene propósito realizar el proceso de alineación de hornos rotatorios en la Fábrica de Cemento Siguaney.	
Resumen	El caso de uso se inicia cuando la Dirección Administrativa de Mantenimiento de la empresa hace la solicitud de alineación a un horno al ingeniero especializado, al final de la actividad este emite un informe con algunas estadísticas del estado de operación del equipo y los movimientos totales a ejecutar a los rodillos de apoyo.	
Curso Normal de los eventos		
Acciones del Actor		Respuesta del proceso de negocio
1. La Dirección Administrativa de Mantenimiento de la empresa hace la solicitud de alineación a un horno determinado.		1.1 El Ingeniero Mecánico recibe solicitud de alineación. 1.2 Realiza las mediciones al equipo. 1.3 Obtiene parámetros de control de alineación a partir de la selección del método de cálculo adecuado teniendo en cuenta el estado de los proyectos iniciales de montaje del equipo y la posición de la base motriz.



	1.4 Determina los movimientos totales a ejecutar a los rodillos de apoyo y algunas estadísticas del estado de operación del equipo. 1.5 Emite informe. 1.6 Los ejecutores realizan los movimientos indicados a los rodillos de apoyo del equipo.
2. La Dirección Administrativa de Mantenimiento recibe informe	
Prioridad	Alta
Mejoras	Se agiliza el proceso de determinación de los parámetros de control de alineación así como los movimientos totales a los rodillos y las estadísticas del estado de operación del equipo. Se obtiene mayor precisión en los cálculos realizados. Se proveen elementos gráficos que dan al traste con el mejor entendimiento de los resultados obtenidos. La información estará almacenada en una base de datos que posibilitará su posterior consulta y procesamiento.

Tabla 4. Descripción del caso de uso del negocio

2.4.5 – Diagrama de actividad del negocio

El diagrama de actividad es un grafo que contiene los estados en que puede hallarse la actividad a analizar. Cada estado de la actividad representa la ejecución de una sentencia de un procedimiento, o el funcionamiento de una actividad en un flujo de trabajo. En resumen describe un proceso que explora el orden de las actividades que logran los objetivos del negocio [23] .

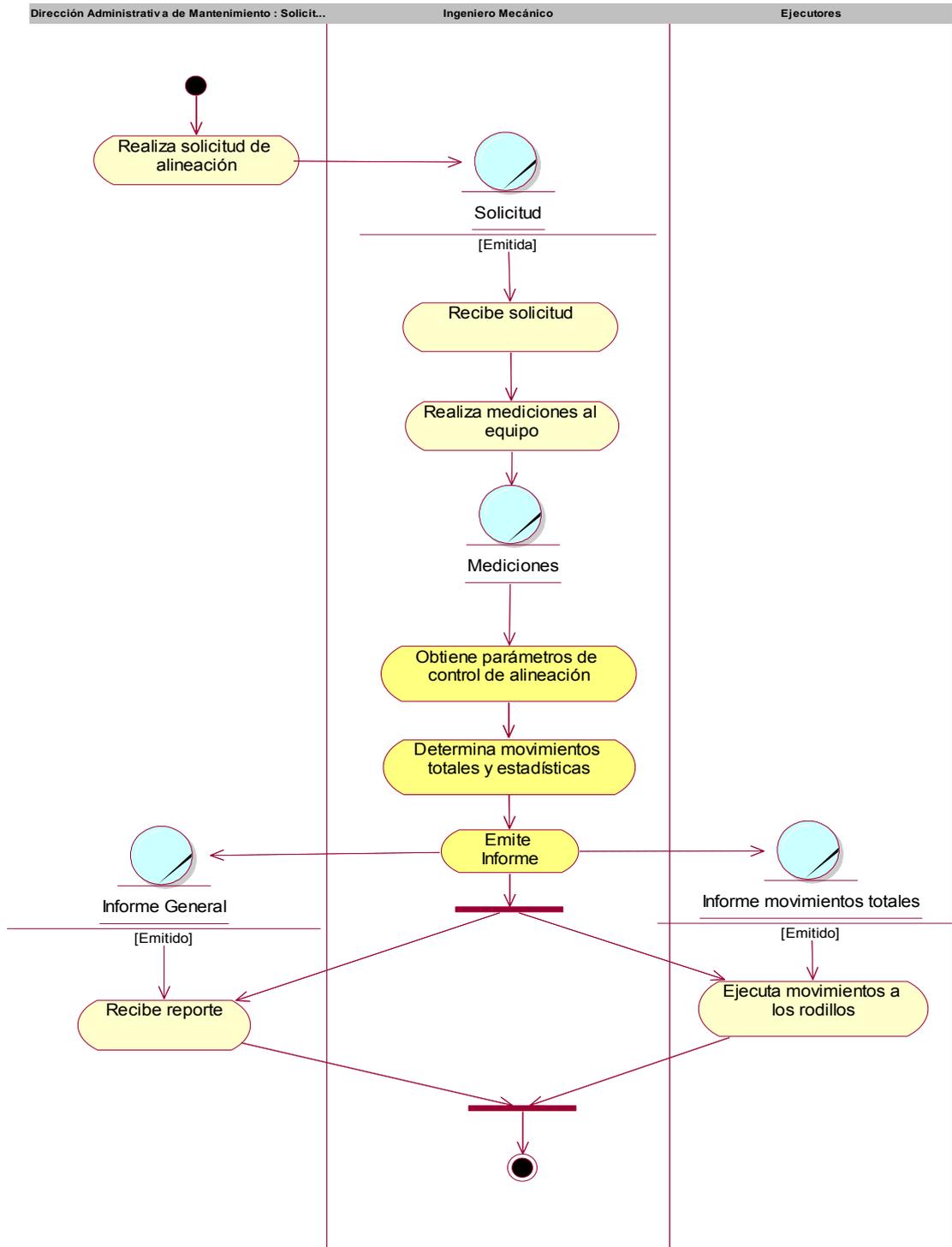


Figura 10. Diagrama de actividad del caso de uso *Realizar alineación*



2.5 – Modelo de objetos del negocio

Un modelo de objetos del negocio es un modelo interno a un negocio. Describe como cada caso de uso del negocio es llevado a cabo por parte de un conjunto de trabajadores que utilizan un conjunto de entidades del negocio y unidades de trabajo [24].

Una entidad del negocio representa algo, que los trabajadores toman, inspeccionan, manipulan, producen o utilizan en un caso de uso del negocio. El diagrama de clases del modelo de objeto, es un artefacto que se construye para describir el modelo de objetos del negocio.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de clases del modelo de objetos del negocio investigado.

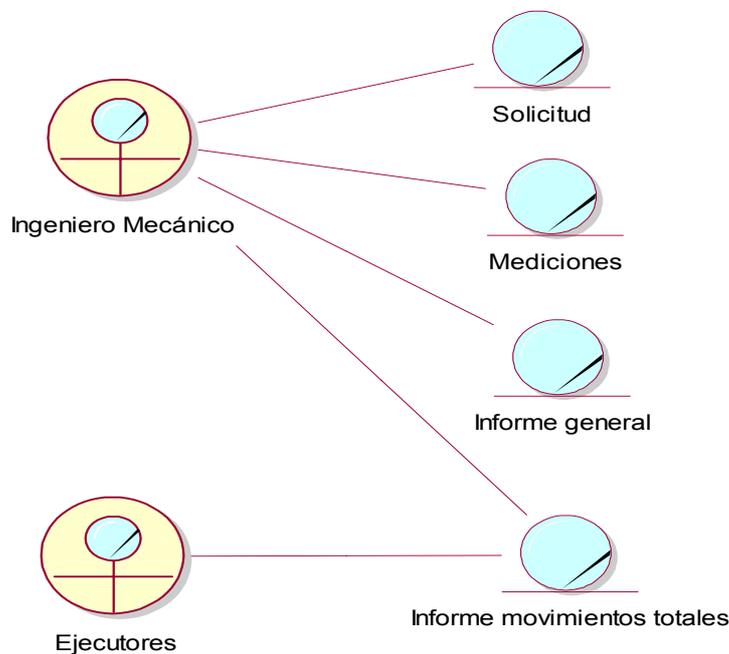


Figura 11. Diagrama de clases del modelo de objetos



2.6 – Descripción del software propuesto

2.6.1 – Concepción general del software

A partir de esta investigación se obtiene un producto de software propio que automatiza los métodos de cálculo para la alineación de hornos rotatorios en la Fábrica de Cemento de Siguaney. Está concebido como una aplicación de escritorio conectada directamente a una base de datos en Access.

Las principales funcionalidades que ofrece el sistema se enuncian a continuación:

- Permite gestionar la información referente a las empresas, los hornos y las alineaciones.
- Concibe 4 métodos de cálculo para la determinación de la desviación horizontal y vertical del eje del equipo en dependencia de la posición de la base motriz y el estado de los proyectos iniciales de montaje del equipo.
- Permite generar y personalizar gráficos de dichas desviaciones.
- Permite la obtención de los movimientos totales a ejecutar al equipo y algunas estadísticas del estado de operación.
- Permite la obtención de un reporte final con los datos de entrada y los resultados obtenidos con funcionalidades para impresión.
- Posee un historial que contiene un registro de las alineaciones realizadas anteriormente de manera que en el futuro se puedan consultar los resultados de un horno específico.
- Posibilita realizar copia de seguridad de la base de datos de trabajo
- Posibilita un control de acceso de los usuarios al sistema.



2.6.2 – Requerimientos funcionales

Los requerimientos no son más que las necesidades de los clientes y los usuarios finales expresadas a través de políticas que deben ser respetadas seriamente al llevar a cabo el análisis, diseño e implementación del sistema informático.

Los requerimientos funcionales permiten expresar una especificación más detallada de las responsabilidades del sistema que se propone. Ellos permiten determinar, de una manera clara, lo que debe hacer el mismo. [25]

Los requerimientos del sistema propuesto son los siguientes:

1. Autenticar usuarios.
2. Insertar usuarios.
3. Modificar usuarios.
4. Eliminar usuarios.
5. Visualizar usuarios.
6. Cambiar contraseña.
7. Insertar datos de los hornos.
8. Modificar datos de los hornos.
9. Eliminar datos de los hornos.
10. Realizar operaciones de búsqueda de hornos.
11. Visualizar datos de los hornos.
12. Insertar datos de las empresas.
13. Modificar datos de las empresas.
14. Eliminar datos de las empresas.
15. Visualizar datos de las empresas.
16. Realizar copia de seguridad de la base de datos.
17. Calcular desviación horizontal del eje del horno.
18. Calcular desviación vertical del eje del horno.
19. Generar gráfico de la desviación horizontal del eje del horno vs bases.



20. Generar gráfico de la desviación vertical del eje del horno vs bases.
21. Calcular movimientos totales a los rodillos de apoyo del horno.
22. Calcular el diámetro promedio de los bandajes.
23. Calcular el diámetro promedio de los rodillos de apoyo.
24. Calcular ángulo derecho e izquierdo iniciales entre el centro del bandaje y el centro de los rodillos.
25. Calcular ángulo derecho e izquierdo finales entre el centro del bandaje y el centro de los rodillos.
26. Calcular desgaste de los rodillos derecho e izquierdo en diámetro.
27. Calcular desgaste de bandajes en diámetro.
28. Calcular holgura en la base de los rodillos izquierdo y derecho.
29. Calcular altura inicial.
30. Calcular variación de altura final contra proyecto.
31. Determinar indicador de calidad de alineación.
32. Guardar datos de las alineaciones.
33. Eliminar datos de las alineaciones.
34. Modificar datos de las alineaciones.
35. Visualizar alineaciones.
36. Realizar operaciones de búsqueda de alineaciones.
37. Mostrar reporte de alineación.
38. Imprimir reporte.

2.6.3 – Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales describen las restricciones del sistema o del proceso de desarrollo; no se refieren directamente a las funciones específicas que entrega el sistema, sino a las propiedades emergentes de éste como la fiabilidad, la respuesta en el tiempo y la capacidad de almacenamiento [26].

Los requisitos no funcionales son propiedades o cualidades que el producto debe tener, como restricciones del entorno o de implementación, rendimiento, etc.



De forma alternativa, definen las restricciones del sistema como la capacidad de los dispositivos de entrada/salida, en cuanto a prestaciones, atributos de calidad y la representación de los datos que se utiliza en la interfaz del sistema

Los requerimientos no funcionales tienen que ver con características que de una u otra forma puedan limitar el sistema, por ejemplo, el rendimiento (en tiempo y espacio), interfaces de usuario, fiabilidad (robustez del sistema, disponibilidad de equipo), mantenimiento, seguridad, portabilidad, estándares, etc.

Apariencia o interfaz externa

La apariencia de la aplicación se ajusta al estándar de ventanas que se ha establecido y generalizado con el sistema operativo Windows. Sin exceso de colores debido a la sobriedad del tema que aborda.

Está diseñada de modo tal, que el usuario podrá interactuar con ella con gran facilidad, visualizándose en cada momento todas las opciones disponibles a través de menús, botones, barra de herramientas, combinaciones de teclas (shortcuts) etc...lo cual brinda al sistema mayor flexibilidad.

Usabilidad

El sistema va dirigido a los ingenieros mecánicos y técnicos especializados del departamento de mantenimiento de la Fábrica de Cemento Siguaney que posean los conocimientos requeridos en materia de alineación, de manera que puedan interactuar de forma efectiva con la aplicación.

Se insiste en que el nivel de preparación de estos usuarios debe ser alto pues la información que se guarde en la base de datos será utilizada en el futuro para la



realización de análisis históricos sobre estado de operación de un equipo en particular. Por lo que se requiere, sea confiable.

La explotación del sistema proporcionará al personal involucrado algunas prestaciones que influirán positivamente en la obtención de resultados precisos. Se deberá poseer conocimientos básicos en el trabajo con aplicaciones bajo ambiente Windows.

Seguridad

El sistema deberá controlar los diferentes niveles de acceso y funcionalidad de los usuarios, de forma que garantice la protección contra acciones no autorizadas o que puedan afectar la integridad de los datos.

La información persistente almacenada en la base de datos, estará protegida de manera que se eviten los accesos no autorizados. La contraseña de los usuarios estará cifrada (con el algoritmo MD5) y como último aspecto el sistema tendrá el control sobre las acciones irreversibles (eliminaciones).

Rendimiento

El rendimiento de la aplicación se basa fundamentalmente en la eficiencia, disponibilidad y precisión de la información. El tiempo de respuesta está adecuado a la combinación de los recursos que se disponen, y del gestor de bases de datos empleado.

Soporte

Las pruebas del sistema se realizarán en la fábrica de cemento Siguaney. Dichas pruebas permitirán evaluar en la práctica la funcionalidad y las prestaciones de este nuevo producto. El sistema deberá ser flexible a la incorporación de futuras mejoras.



Ayuda y documentación en línea

El sistema cuenta con una ayuda que podrá ser accedida por el usuario en cualquier momento, a través del menú principal, el menú del icono del proyecto en la barra de tareas o simplemente presionando la tecla F1. Consta de varias secciones que agrupan los temas documentados por tópicos. La primera sección aborda las generalidades de la aplicación incluyendo la teoría del objeto de estudio y la segunda todo lo relacionado con el manejo de la aplicación.

Requerimientos de Software

Se necesita disponer del sistema operativo Windows 95 o superior para el correcto funcionamiento de la herramienta.

Requerimientos de Hardware

- Procesador Pentium I
- 128 Mb de de memoria RAM
- 500 Mb de disco duro libre
- Monitor, Teclado, Mouse, Impresora entre otros periféricos estándares

Requerimientos legales

Este software es propiedad intelectual de la Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" y la Fábrica de Cemento Siguaney de Sancti Spíritus. Solo se permitirá su comercialización con el consentimiento de los autores y las entidades involucradas.



Requerimientos políticos, culturales y legales

La herramienta debe responder a los intereses de la Constitución de la República de Cuba, asimismo no existirán prioridades en el servicio según el nivel social, cultural o étnico.

Requerimientos de portabilidad

El sistema solo funcionará sobre plataforma Windows.

Requerimientos de confiabilidad

El sistema debe garantizar que las pérdidas de información sean mínimas en caso de fallos.

2.7 – Modelo de casos de uso del sistema

Los artefactos fundamentales que se utilizan en la captura de requisitos son el modelo de casos de uso, que incluye los casos de uso y los actores del sistema.

El modelo de casos de uso permite que los desarrolladores del software y los clientes lleguen a un acuerdo sobre los requisitos, es decir, sobre las condiciones y posibilidades que debe cumplir el sistema. Describe lo que hace el sistema para cada tipo de usuario.

El modelo de casos de uso permite que los desarrolladores de software y los clientes lleguen a un acuerdo sobre los requisitos, es decir, sobre las condiciones y posibilidades que debe cumplir el sistema. Describe lo que hace el sistema para cada tipo de usuario y proporciona la entrada fundamental para el análisis, el diseño y las pruebas [27].



2.7.1 – Actores del sistema

Los actores representan terceros fuera del sistema que colaboran con este. Suelen corresponderse con trabajadores o actores en un negocio [28].

La tabla siguiente relaciona los actores del sistema propuesto.

Actor	Descripción
Administrador	Es el encargado de administrar el sistema, realiza todos los requerimientos funcionales (Ingeniero Mecánico).
Usuario	Opera el sistema con menos privilegios, tiene acceso a todas las prestaciones excepto las que se vinculan directamente con la base de datos. (Puede ser cualquier persona interesada en manipular el sistema)

Tabla 5 . Actores del sistema

2.7.2 – Diagrama de casos de uso del sistema

Los casos de uso se emplean para representar las funcionalidades que el sistema les brinda a los actores. Los casos de uso constituyen un proceso y se especifican mediante una secuencia de acciones que el sistema puede llevar a cabo, a partir de una petición en la interacción con sus actores.



La figura siguiente muestra los casos de uso del sistema y sus actores asociados

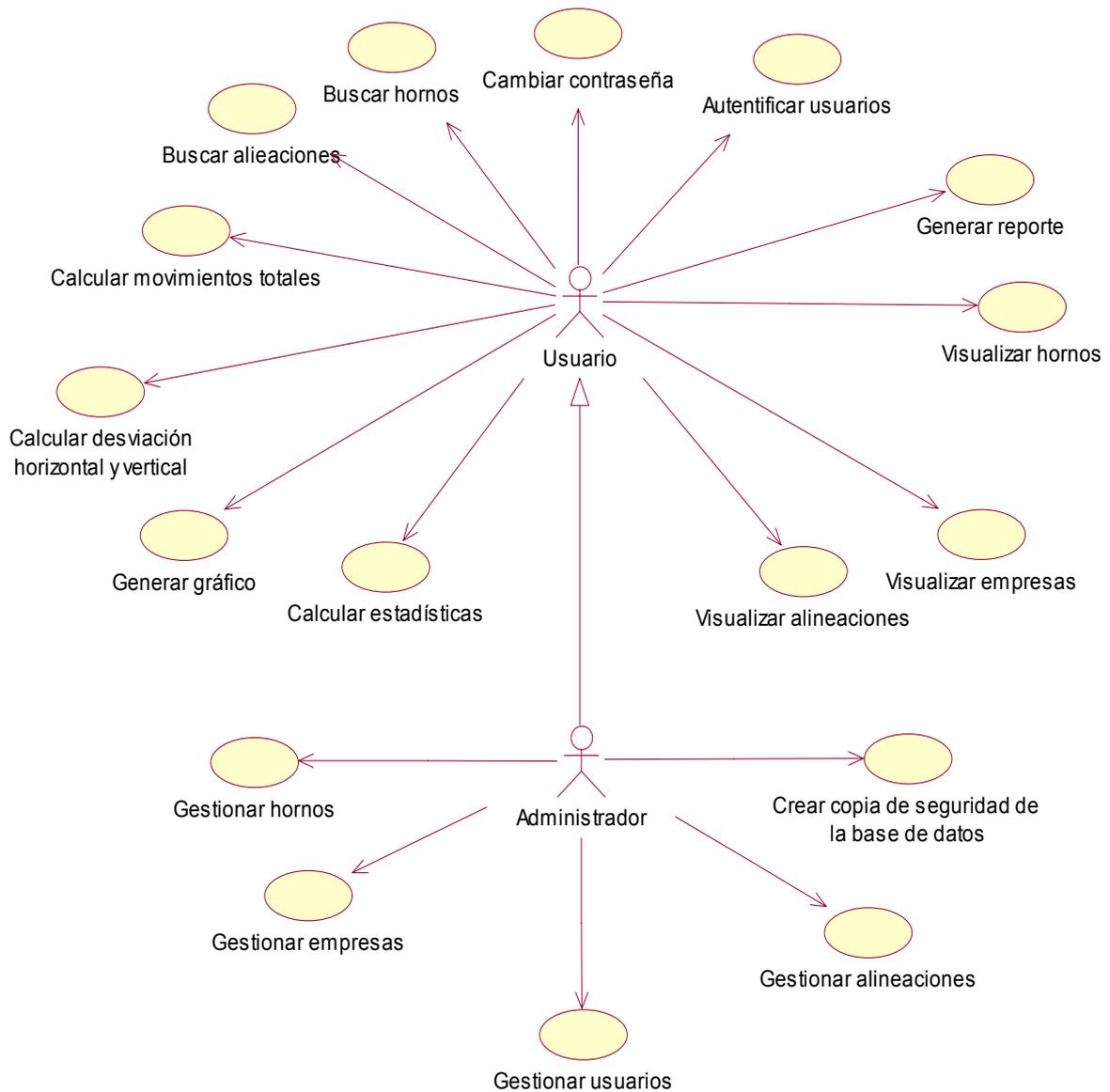


Figura 13. Diagrama de casos de uso del sistema



2.7.3 – Descripción de los casos de uso del sistema

Caso de uso	<i>Gestionar empresas</i>
Actores	Administrador (inicia)
Propósito	Actualizar la información de las empresas
Resumen	<p>El caso de uso se inicia cuando el Administrador desea insertar, modificar o eliminar la información de una empresa determinada. Si la operación es de inserción, se muestra un formulario donde el Administrador debe especificar los datos solicitados, si la operación es de actualización se debe seleccionar la empresa previamente, una vez realizada esta operación se muestra un formulario con los datos editados de la empresa que se desea modificar y si la operación es de eliminación se solicita el identificador de la misma. El caso de uso finaliza cuando el sistema inserta, modifica o elimina la información de una empresa determinada.</p>
Referencias	R12, R13, R14
Precondiciones	Si la acción es modificar o eliminar, la empresa debe existir.
Post-condiciones	Se actualiza la información de las empresas: Si la acción es insertar, se inserta la información de la empresa. Si la acción es modificar, se modifica la información de la empresa. Si la acción es eliminar, se elimina la información de la empresa.
Prototipo	<i>Ver Anexo P</i>

Tabla 6. Caso de uso Gestionar empresas



Caso de uso	<i>Gestionar hornos</i>
Actores	Administrador (inicia)
Propósito	Actualizar la información de los hornos
Resumen	<p>El caso de uso se inicia cuando el Administrador desea insertar, modificar o eliminar la información de un horno determinado. Si la operación es de inserción, se muestra un formulario donde el Administrador debe especificar los datos solicitados, si la operación es de actualización se debe seleccionar el horno previamente, una vez realizada esta operación se muestra un formulario con los datos editados del horno que se desea modificar y si la operación es de eliminación se solicita el identificador del mismo. El caso de uso finaliza cuando el sistema inserta, modifica o elimina la información de un horno determinada.</p>
Referencias	R7, R8, R9
Precondiciones	Si la acción es modificar o eliminar, el horno debe existir.
Post-condiciones	<p>Se actualiza la información de los hornos:</p> <p>Si la acción es insertar, se inserta la información del horno.</p> <p>Si la acción es modificar, se modifica la información del horno.</p> <p>Si la acción es eliminar, se elimina la información del horno.</p>
Prototipo	<i>Ver Anexo O</i>

Tabla 7. Caso de uso Gestionar hornos



Caso de uso	<i>Gestionar alineaciones</i>
Actores	Administrador (inicia)
Propósito	Actualizar la información de las alineaciones.
Resumen	<p>El caso de uso se inicia cuando el Administrador desea insertar, modificar o eliminar la información de una alineación. Si la operación es de inserción el Administrador debe especificar los datos de entrada solicitados, si la operación es de actualización, al pulsar el botón correspondiente se modifican automáticamente los datos en curso que el usuario está manipulando y si la operación es de eliminación se solicita el identificador de la misma. El caso de uso finaliza cuando el sistema inserta, modifica o elimina la información de una alineación determinada.</p>
Referencias	R32, R33, R34
Precondiciones	Si la acción es modificar o eliminar, la alineación debe existir.
Post-condiciones	<p>Se actualiza la información de las alineaciones:</p> <p>Si la acción es insertar, se inserta la información de la alineación.</p> <p>Si la acción es modificar, se modifica la información de la alineación en curso.</p> <p>Si la acción es eliminar, se elimina la información de la alineación.</p>
Prototipo	<i>Ver Anexo R</i>

Tabla 8. Caso de uso Gestionar alineaciones



Caso de uso	Gestionar usuarios
Actores	Administrador (inicia)
Propósito	Actualizar la información de los hornos
Resumen	<p>El caso de uso se inicia cuando el Administrador desea insertar, modificar o eliminar la información de un usuario. Si la operación es de inserción, se muestra un formulario donde el Administrador debe especificar los datos solicitados, si la operación es de actualización se debe seleccionar el usuario previamente, una vez realizada esta operación se muestra un formulario con los datos editados del usuario que se desea modificar y si la operación es de eliminación se solicita el identificador del mismo. El caso de uso finaliza cuando el sistema inserta, modifica o elimina la información de un usuario determinado.</p>
Referencias	R2, R3, R4
Precondiciones	Si la acción es modificar o eliminar, el usuario debe existir.
Post-condiciones	<p>Se actualiza la información de los usuarios:</p> <p>Si la acción es insertar, se inserta la información del usuario.</p> <p>Si la acción es modificar, se modifica la información del usuario.</p> <p>Si la acción es eliminar, se elimina la información del usuario.</p>
Prototipo	Ver Anexo Q

Tabla 9. Caso de uso Gestionar usuarios



Caso de uso	<i>Crear copia de seguridad de la base de datos</i>
Actores	Administrador (inicia)
Propósito	Crear una copia de reserva de la base de datos para prevenir una posible pérdida de la información almacenada en la base de datos original.
Resumen	<p>El caso de uso se inicia cuando el Administrador decide crear una copia de seguridad a la base de datos del sistema, posteriormente este debe especificar la ubicación y el nombre de la base de datos de reserva. El caso de uso finaliza cuando el sistema crea la copia de seguridad en la ubicación especificada.</p>
Referencias	R16
Precondiciones	
Post-condiciones	En la ubicación especificada es creada una copia de seguridad de la base de datos del sistema.
Prototipo	<i>Ver Anexo S</i>

Tabla 10. Caso de uso Crear copia de seguridad de la base de datos

Caso de uso	<i>Visualizar empresas</i>
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Visualizar las empresas disponibles por sistema
Resumen	<p>El caso de uso se inicia cuando el Usuario desea ver las empresas agregadas a la base de datos. El sistema muestra una ventana con un listado de las empresas disponibles, culminado así el caso de uso.</p>
Referencias	R15
Precondiciones	Las empresas deben existir
Post-condiciones	Se visualizan las empresas disponibles
Prototipo	<i>Ver Anexo k</i>

Tabla 11. Caso de uso Visualizar empresas



Caso de uso	<i>Visualizar hornos</i>
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Visualizar los hornos disponibles por el sistema
Resumen El caso de uso se inicia cuando el Usuario desea ver los hornos agregados a la base de datos. El sistema muestra una ventana con un listado de los hornos disponibles, culminado así el caso de uso.	
Referencias	R11
Precondiciones	Los hornos deben existir
Post-condiciones	Se visualizan los hornos disponibles
Prototipo	<i>Ver Anexo U</i>

Tabla 12. Caso de uso Visualizar hornos

Caso de uso	<i>Visualizar alineaciones</i>
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Visualizar las alineaciones disponibles por el sistema
Resumen El caso de uso se inicia cuando el Usuario desea ver las alineaciones agregadas a la base de datos. El sistema muestra una ventana con un listado de las alineaciones disponibles, culminado así el caso de uso.	
Referencias	R35
Precondiciones	Las alineaciones deben existir
Post-condiciones	Se visualizan las alineaciones disponibles
Prototipo	<i>Ver Anexo L</i>

Tabla 13. Caso de uso Visualizar alineaciones



Caso de uso	<i>Autenticar usuarios</i>
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Realizar la autenticación de los usuarios en el sistema.
Resumen El caso de uso se inicia cuando el Usuario desea autenticarse en el sistema, para ello especifica en el formulario correspondiente un identificador de usuario válido y la contraseña. El caso de uso finaliza cuando el sistema autentifica al usuario.	
Referencias	R1
Precondiciones	El usuario debe existir
Post-condiciones	El usuario es autenticado en el sistema.
Prototipo	<i>Ver Anexo D</i>

Tabla 14. Caso de uso Autenticar usuarios

Caso de uso	<i>Cambiar contraseña</i>
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Cambiar la contraseña del usuario previamente autenticado.
Resumen El caso de uso se inicia cuando el Usuario desea cambiar su contraseña en el sistema, para ello especifica en el formulario correspondiente la contraseña actual y la nueva contraseña.	
Referencias	R6
Precondiciones	El usuario debe existir
Post-condiciones	La contraseña del usuario es modificada.
Prototipo	<i>Ver Anexo E</i>

Tabla 15. Caso de uso Autenticar usuarios



Caso de uso	<i>Buscar hornos</i>
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Realizar operaciones de búsqueda de hornos
Resumen	<p>El caso de uso se inicia cuando el Usuario decide buscar un horno específico, para ello filtra la información por algún criterio (empresa, equipo, empresa/equipo) en las cajas de texto correspondientes culminando así el caso de uso.</p>
Referencias	R10
Precondiciones	Debe haber hornos agregados al sistema y los criterios de búsqueda deben ser válidos.
Post-condiciones	Se visualizan los hornos que cumplan con los criterios especificados.
Prototipo	<i>Ver Anexo M</i>

Tabla 16. Caso de uso Buscar hornos

Caso de uso	<i>Buscar alineaciones</i>
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Realizar operaciones de búsqueda de alineaciones.
Resumen	<p>El caso de uso se inicia cuando el Usuario decide buscar una alineación específica, para ello filtra la información por algún criterio (código, empresa, equipo, empresa/equipo, código/equipo etc...) en las edits correspondientes culminando así el caso de uso.</p>
Referencias	R36
Precondiciones	Las alineaciones deben existir y los criterios de búsqueda deben ser válidos.
Post-condiciones	Se visualizan las alineaciones que cumplan con los



	criterios especificados.
Prototipo	Ver Anexo N

Tabla 17. Caso de uso Buscar alineaciones

Caso de uso	Calcular desviación horizontal y vertical
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Calcular la desviación horizontal y vertical del eje del horno.
Resumen	<p>El caso de uso se inicia cuando el usuario decide conocer la desviación horizontal y vertical del eje del horno, para ello especifica en el menú principal el tipo de cálculo a realizar, una vez concluida esta operación aparece una ventana con los hornos disponibles por el sistema de manera que se pueda seleccionar el que se desee alinear. El caso de uso culmina cuando se muestra una ventana con los resultados solicitados.</p>
Referencias	R17, R18
Precondiciones	El tipo de cálculo a realizar debe haber sido especificado así como el horno que será objeto de alineación y los datos de entrada iniciales.
Post-condiciones	Se visualizan las desviaciones vertical y horizontal del eje del equipo.
Prototipo	Ver Anexo F

Tabla 18. Caso de uso Calcular desviación horizontal y vertical

Caso de uso	Generar gráfico
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Generar gráfico de la desviación horizontal y vertical del



	eje del equipo.
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el Usuario decide visualizar los gráficos correspondientes a la desviación horizontal y vertical del eje del equipo por cada una de las bases, para ello debe haber obtenido los resultados de dichas desviaciones previamente, el caso de uso culmina cuando son generadas las gráficas solicitadas.
Referencias	R19, R20
Precondiciones	Las desviaciones horizontales y verticales del eje del equipo deben haber sido obtenidas previamente.
Post-condiciones	Se generan las gráficas solicitadas
Prototipo	Ver Anexo G

Tabla 19. Caso de uso Generar gráfico

Caso de uso	Calcular movimientos totales
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Calcular los movimientos totales a ejecutar a los rodillos de apoyo del equipo.
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el Usuario decide conocer los movimientos totales a los rodillos de apoyo del equipo, para ello debe haber determinado previamente las desviaciones horizontales y verticales del eje y haber especificado el tipo de corrección (horizontal o vertical), posteriormente se muestra una ventana con los movimientos a ejecutar, culminado de este modo el caso de uso.
Referencias	R21
Precondiciones	Las desviaciones horizontales y verticales del eje del equipo, deben haber sido determinadas previamente. Igualmente se debe especificar el tipo de corrección.



Post-condiciones	Se visualizan los movimientos totales a ejecutar a los rodillos de apoyo del horno.
Prototipo	<i>Ver Anexo H</i>

Tabla 20. Caso de uso Calcular movimientos totales

Caso de uso	<i>Calcular estadísticas</i>
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Calcular algunas estadísticas del estado de operación del equipo.
Resumen	<p>El caso de uso se inicia cuando el Usuario decide conocer algunas estadísticas del estado de operación del equipo, para ello debe haber determinado previamente las desviaciones horizontales y verticales del eje del equipo y los movimientos totales a ejecutar a los rodillos, el caso de uso culmina cuando se muestra una ventana con las estadísticas solicitadas.</p>
Referencias	R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30
Precondiciones	Las desviaciones horizontales y verticales del eje del equipo, deben haber sido determinadas así como los movimientos totales a los rodillos.
Post-condiciones	Se visualizan algunas estadísticas del estado de operación del equipo.
Prototipo	<i>Ver Anexo I</i>

Tabla 21. Caso de uso Calcular estadísticas

Caso de uso	<i>Generar reporte</i>
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Generar el reporte de alineación



Resumen El caso de uso se inicia cuando el Usuario decide visualizar el reporte de alineación. Después de haber realizado todos los cálculos correspondientes se muestra una ventana que visualiza dicho reporte. El caso de uso culmina cuando el reporte es impreso.	
Referencias	R37, R38
Precondiciones	Deben haber sido realizados todos los cálculos de alineación requeridos.
Post-condiciones	Se imprime el reporte de alineación.
Prototipo	<i>Ver Anexo J</i>

Tabla 22. Caso de uso Imprimir reporte

2.8 – Descripción del modelo de datos del sistema

2.8.1 – Diagrama de clases del diseño

Un Diagrama de Clases de Diseño muestra la especificación para las clases de una aplicación. Incluyendo en su contenido a las clases con sus asociaciones, atributos y métodos, las interfaces, operaciones y constantes, la navegabilidad y dependencias. A diferencia del Modelo Conceptual, un Diagrama de Clases de Diseño muestra definiciones de entidades software más que conceptos del mundo real [29].

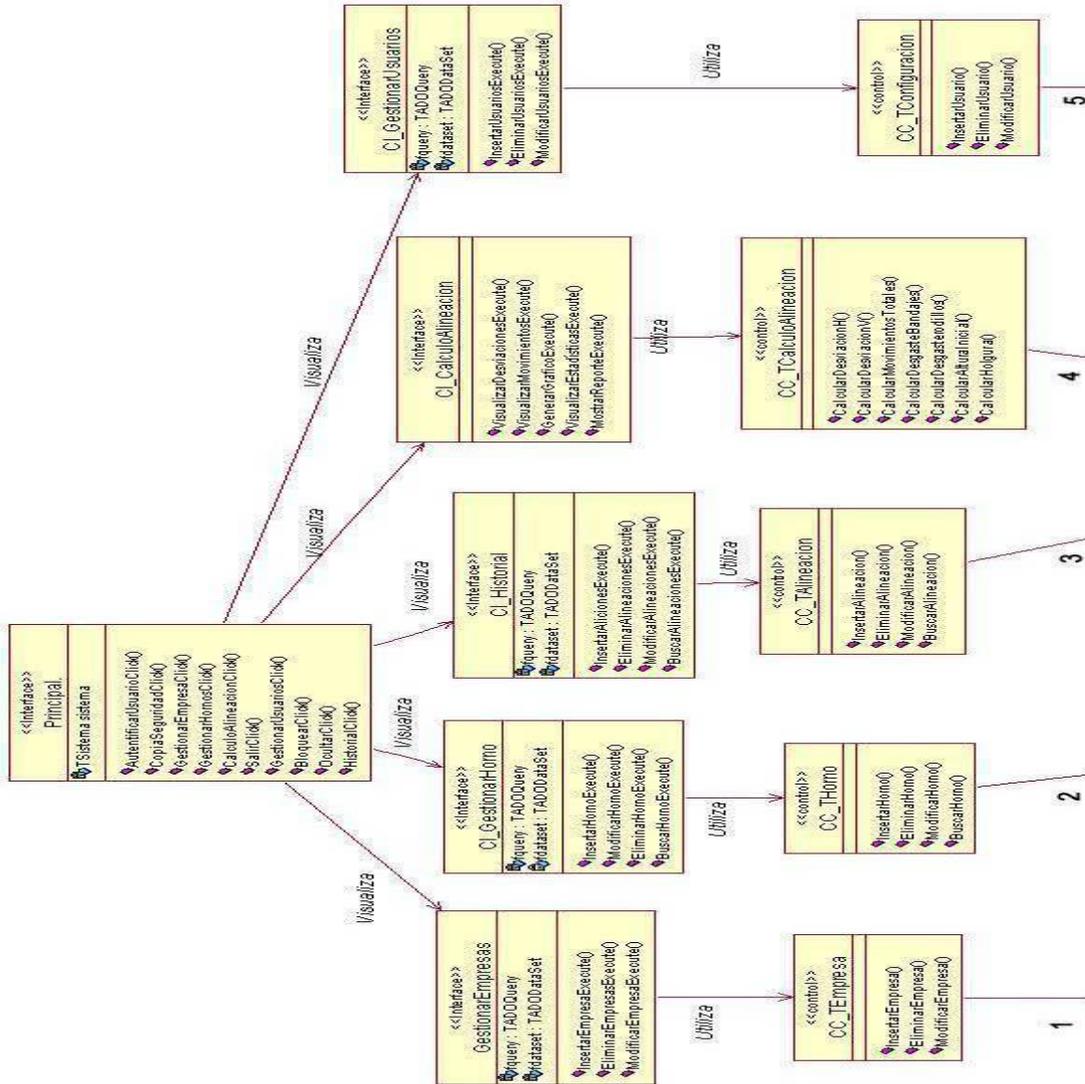


Figura 14 . Diagrama de clases del diseño (Parte1)

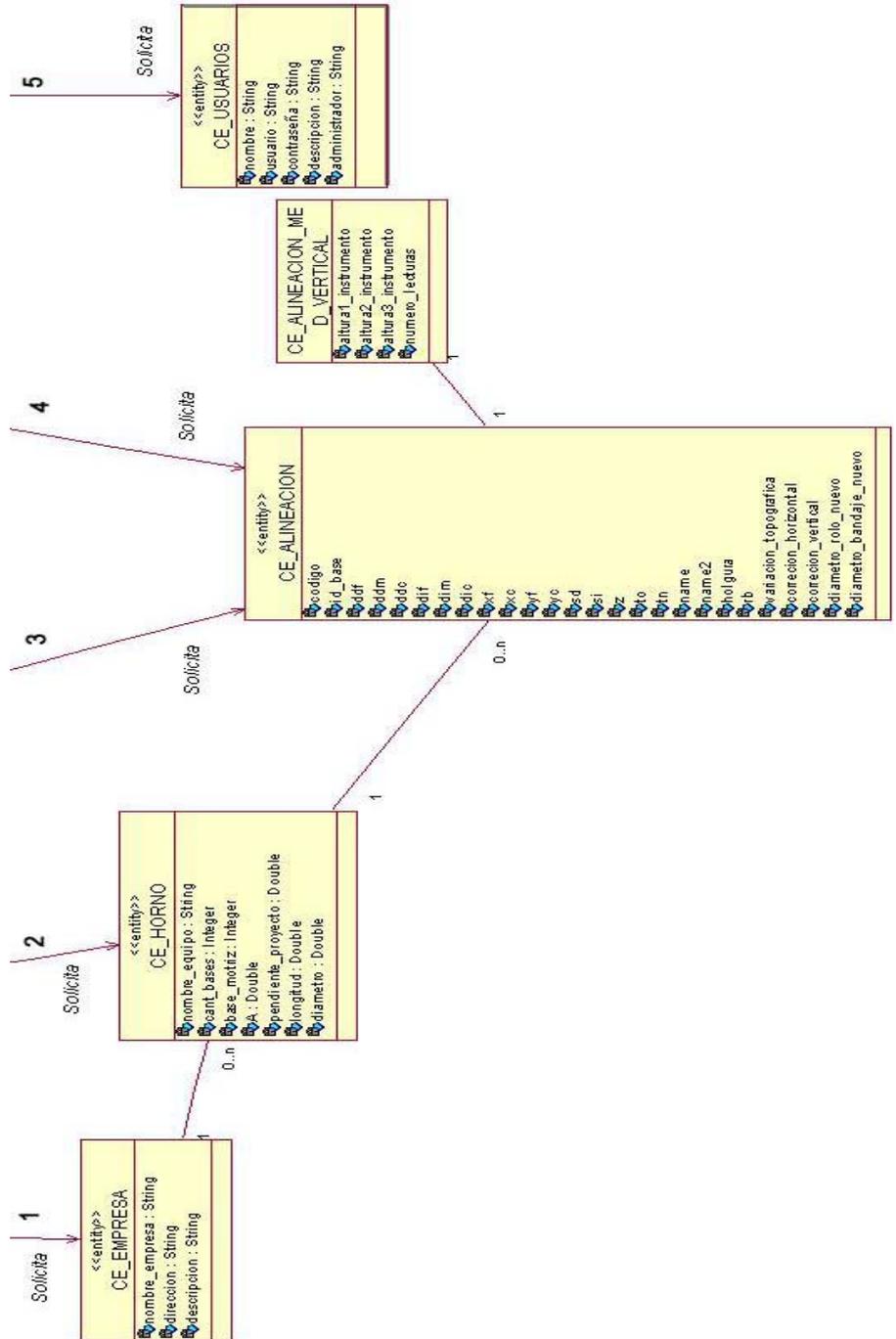


Figura 15. Diagrama de clases del diseño (Parte2)



2.8.2 – Diagrama del modelo lógico de datos

El modelo lógico de la base de datos determina cómo se estructuran los datos de forma lógica mediante tablas y relaciones. Este diseño puede tener también una gran repercusión en el rendimiento de la aplicación [30].

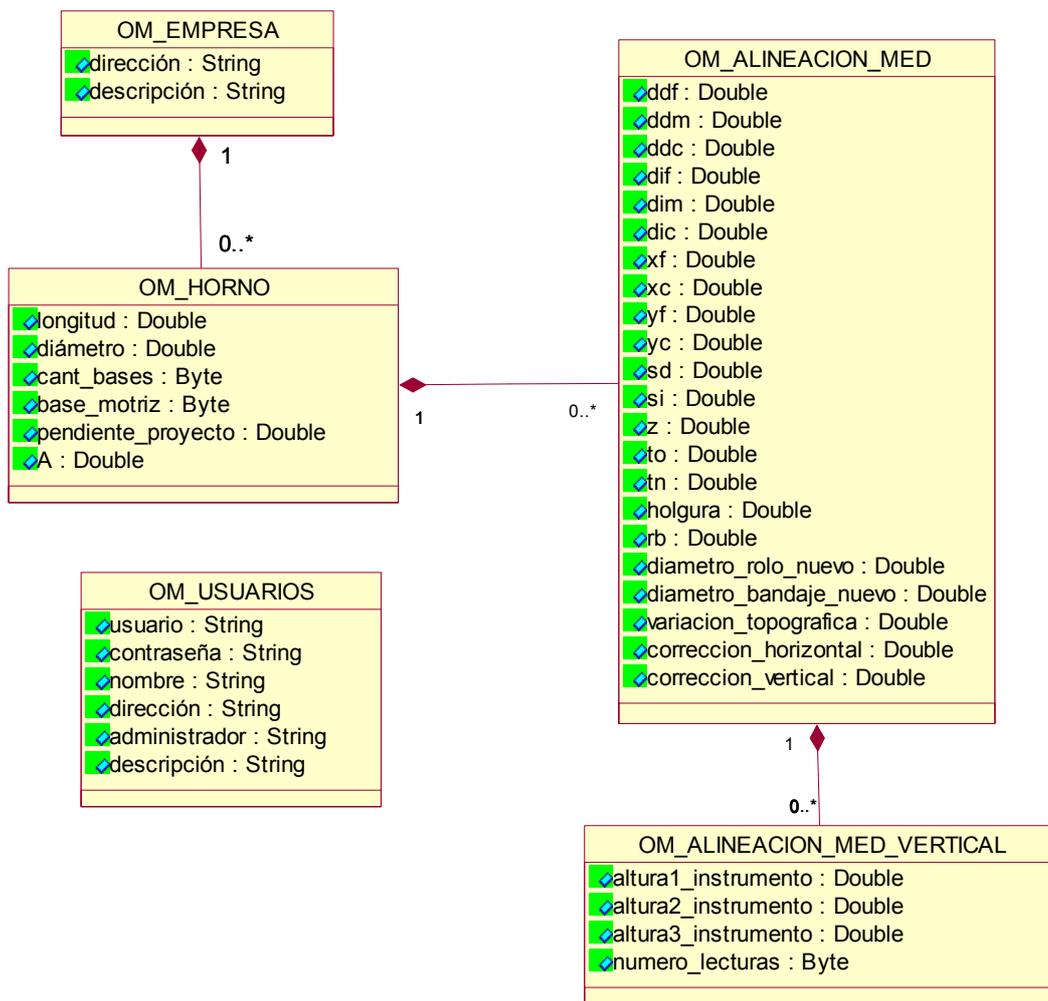


Figura 16. Diagrama del modelo lógico de datos



2.8.3 – Diagrama del modelo físico de datos

El modelo físico de datos incluye todos los aspectos de diseño de un modelo de base de datos que se pueden modificar sin cambiar los componentes de la aplicación.

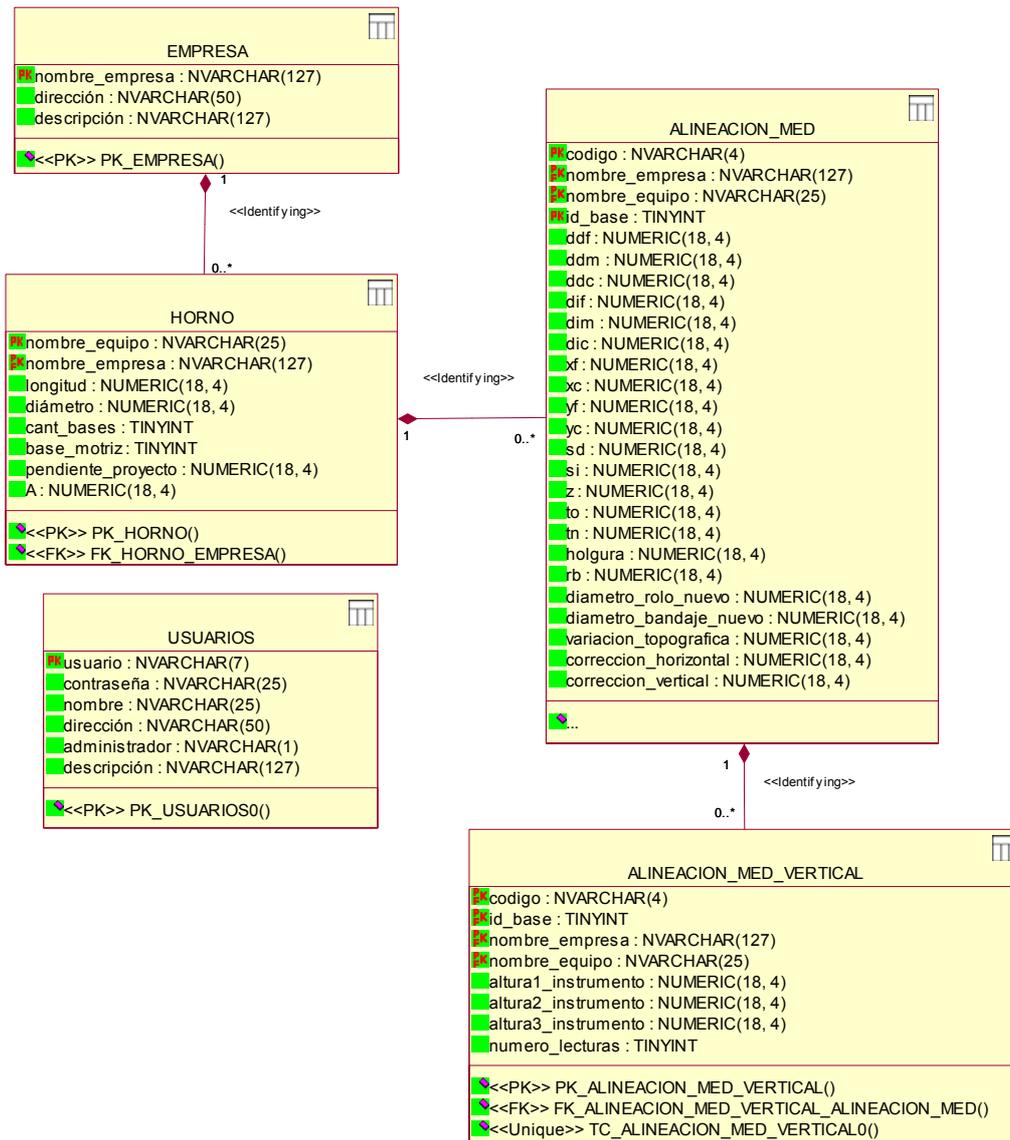


Figura 17. Diagrama del modelo físico de datos



2.8.4 – Diagrama de implementación

El modelo de implementación describe como los elementos del modelo de diseño, como las clases, se implementan en términos de componentes. Describe también como 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 como dependen los componentes unos de otros [31].

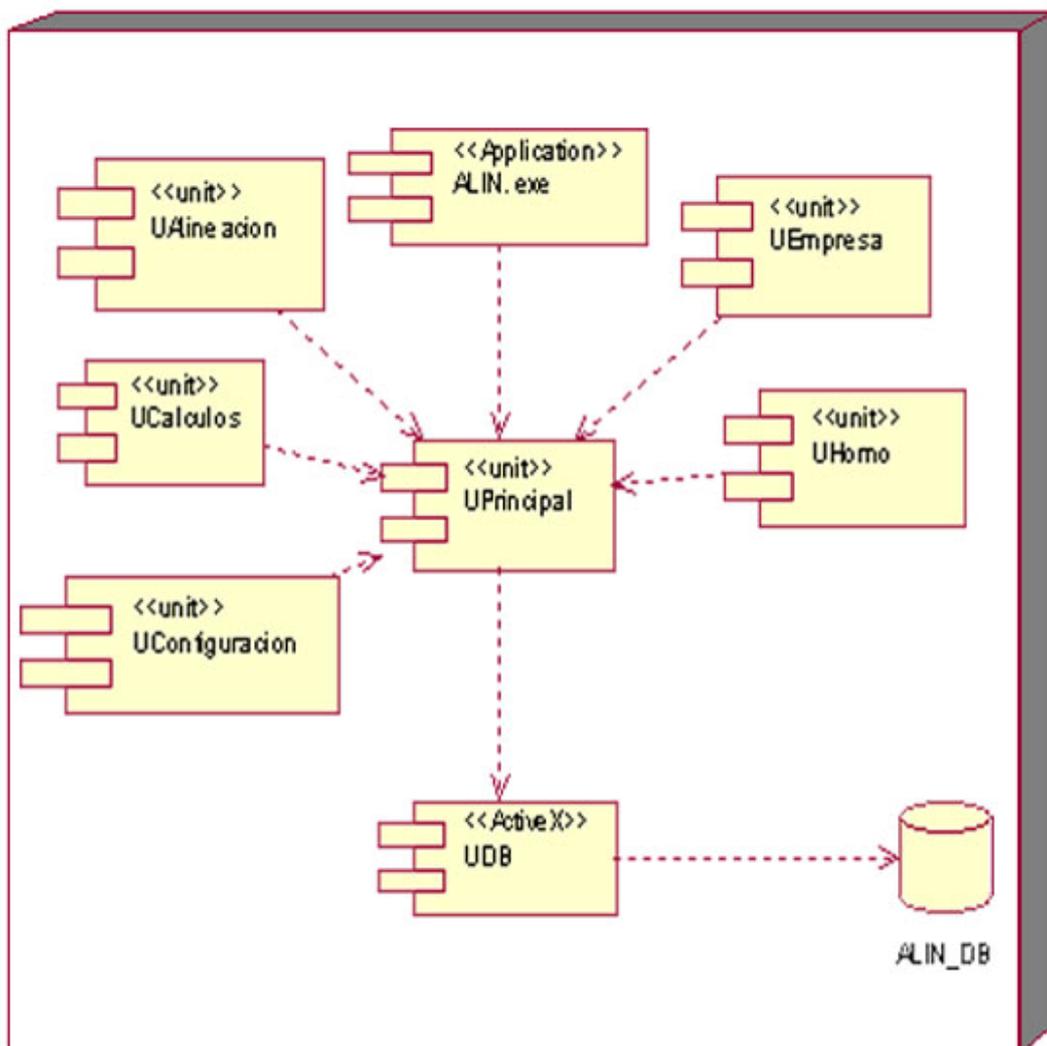


Figura 18. Diagrama de implementación



2.9 – Conclusiones del capítulo

En este capítulo se realizó el análisis y diseño de la herramienta informática propuesta a través de los artefactos que ofrece la metodología RUP. Se describió el flujo de los procesos del negocio investigado definiéndose para ello los actores, trabajadores y diagrama de casos de uso correspondientes. Se identificaron los requisitos funcionales y no funcionales así como el diagrama de casos de uso del sistema, el modelo físico y lógico de datos, el modelo de implementación y el diagrama de clases del diseño.



3

CAPÍTULO PRINCIPIOS DE DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

3.1 – Introducción al capítulo

3.2.1 – Estándares en la interfaz de la aplicación

El diseño de interfaces de usuario, es una de las tareas que ha adquirido relevancia en el desarrollo de un sistema, la calidad de las mismas puede ser uno de los motivos que conduzcan al software al éxito o al fracaso.

La interfaz diseñada para la aplicación propuesta está basada en el estándar de ventanas de Windows. La tipografía empleada corresponde a MS Sans Serif de estilo Normal y tamaño 8 puntos. La carga visual está concebida para especialistas en la materia, apoyada fundamentalmente en el tratamiento gráfico. Las opciones de acceso al sistema se han hecho teniendo en cuenta los objetivos buscados por los usuarios.

El sistema cuenta con un menú principal, una barra de herramientas con las opciones más utilizadas y una barra de estado que contiene la fecha y hora actuales así como el usuario registrado. Los mensajes y opciones que se brindan poseen una redacción clara y legible en idioma español, de manera que estén en correspondencia con el nivel cultural de los usuarios potenciales del sistema. La manipulación de los datos se realiza a través de opciones elementales (barra de herramientas, combinaciones de teclas etc..)



3.2.2 – Tratamiento de errores

La aplicación constará con un estricto chequeo de errores de manera que las posibilidades de introducción de información incorrecta por parte del usuario sean mínimas. El tratamiento de los mensajes de error estará codificado de forma que se pueda conocer las posibles causas que lo originaron entre las que se encuentran: acceso al sistema de usuarios no autorizados, introducción de datos incompletos, solicitud de información no disponible en la base de datos y entrada de información inconsistente (rango de valores numéricos inadmisibles).

3.2.3 – Concepción general de la ayuda

Para facilitar la mejor manipulación y funcionamiento del software, se proveerá al usuario de un sistema de ayuda accesible a través del menú principal, la barra de herramientas, el icono de la aplicación contenido en la barra de tareas del sistema operativo o simplemente presionando la tecla “F1”. El contenido está dividido por tópicos que relacionan no solo los aspectos teóricos del objeto de estudio sino también aspectos relacionados con la utilización del sistema, navegación y opciones.

3.2.4 – Estándares de codificación

Uno de los factores de mayor relevancia en la implementación es la codificación. La organización del código y el estilo constituye un aspecto fundamental para lograr una ingeniería de software adecuada, por lo que se hace necesario escribir líneas de código fáciles de entender y que a la vez reduzca el tiempo y el esfuerzo a la hora de realizarle alguna modificación. Varios aspectos pueden tenerse en consideración: indentación coherente, comentarios esclarecedores y empleo de identificadores descriptivos.

A continuación se muestran los convenios utilizados en la codificación del sistema propuesto.



- La indentación que se tomará será a dos espacios a partir del comienzo de un bloque.
- Se comentarán los algoritmos en dependencia de la complejidad que presenten, las declaraciones de métodos, constantes y tipos siempre estarán comentadas.
- Los identificadores utilizados serán lo más descriptivos posibles: los nombres compuestos se separarán por el símbolo “_”, los nombres de variables comunes se escribirán completamente en minúscula contrariamente de los nombres de constantes los cuales se escribirán completamente en mayúscula, los nombres de tipos comenzarán con la letra “T”, también se emplearán prefijos para identificar genéricamente a determinados elementos.

3.3 – Factibilidad técnico - económica

Una de las tareas de mayor importancia en la planificación de proyectos de software es la estimación, la cual consiste en determinar, con cierto grado de certeza, los recursos de hardware y software, costo, tiempo y esfuerzo necesarios para el desarrollo de los mismos.

El estudio de factibilidad desarrollado en este capítulo está fundamentado en el método COCOMO II (Constructive Cost Model), la denominación II indica que es la segunda versión que se publica del modelo COCOMO 81, ambas versiones aunque las relaciona un nombre común, poseen diferencias notables. El modelo COCOMO II está formado por 3 modelos:

1. Composición de aplicaciones.

Este modelo es empleado para estimar el esfuerzo y el tiempo de desarrollo en proyectos que utilizan herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering) Ingeniería de Software Asistida por Ordenador.



2. Diseño Inicial.

Este modelo tiene en cuenta la exploración de diferentes arquitecturas del sistema y conceptos de operación. Normalmente no es suficiente para hacer estimaciones de precisión. Utiliza como tamaño del producto los Puntos de Función o las Líneas de Código, cuando están disponibles.

3. Post – Arquitectura.

Este modelo puede ser utilizado cuando se ha completado el diseño de alto nivel y se dispone de información detallada sobre el modelo y, como su nombre sugiere, la arquitectura del software está bien definida y establecida. Permite realizar estimaciones para el conjunto del ciclo de vida de desarrollo y es una extensión del modelo de Diseño Inicial.

COCOMO II permite realizar estimaciones en función del tamaño del software, y de un conjunto de factores de costo y de escala. Los factores de costo describen aspectos relacionados con la naturaleza del producto, hardware utilizado, personal involucrado, y características propias del proyecto.

3.3.1 – Planificación por puntos de función

La técnica de puntos de función fue introducida por Albrecht y su propósito es medir el software cualificando la funcionalidad que proporciona externamente, basándose en el diseño lógico del sistema.

Los Puntos Función procuran cuantificar la funcionalidad de un sistema de software. La meta es obtener un número que caracterice completamente al sistema. Son útiles estimadores ya que están basados en información que está disponible en las etapas tempranas del ciclo de vida del desarrollo de software. COCOMO II considera solamente UFP (Puntos Función no ajustados) . Se tiene en cuenta la determinación de



las entradas externas (Inputs), salidas externas (Outputs), archivos lógicos internos (Archivos), archivos externos de interfase (Interfases) y solicitudes externas (Queries).

Nombre de la entrada externa	Cantidad de ficheros	Cantidad de elementos de datos	Clasificación (Bajo, Medio, Alto)
Insertar datos de los usuarios	1	6	Bajo
Modificar datos de los usuarios	1	5	Bajo
Eliminar datos de los usuarios	1	6	Bajo
Insertar datos de los hornos	1	8	Bajo
Modificar datos de los hornos	1	7	Bajo
Eliminar datos de los hornos	1	8	Bajo
Insertar datos de las empresas	1	3	Bajo
Modificar datos de las empresas	1	3	Bajo
Eliminar datos de las empresas	1	3	Bajo
Insertar datos de las alineaciones	2	34	Alto
Modificar datos de las alineaciones	2	34	Alto
Eliminar datos de las alineaciones	2	34	Alto

Tabla 24. Planificación: Entradas Externas



Nombre de la salida externa	Cantidad de ficheros	Cantidad de elementos de datos	Clasificación (Bajo, Medio, Alto)
Visualizar datos de las empresas	1	3	Bajo
Visualizar datos de los hornos	1	8	Bajo
Visualizar datos de las alineaciones	2	34	Alto
Visualizar usuarios	1	6	Bajo
Mostrar desviación horizontal del eje del horno	1	7	Bajo
Mostrar desviación vertical del eje del horno	1	7	Bajo
Mostrar movimientos totales a los rodillos	1	14	Bajo
Generar gráfico de la desviación horizontal del eje del horno vs bases	1	7	Bajo
Generar gráfico de la desviación vertical del eje del horno vs bases	1	7	Bajo
Visualizar estadísticas del estado de operación del equipo	1	105	Media



Visualizar reporte	1	240	Media
--------------------	---	-----	-------

Tabla 25. Planificación: Salidas Externas

Nombre de la petición	Cantidad de ficheros	Cantidad de elementos de datos	Clasificación (Bajo, Medio, Alto)
Buscar hornos	1	8	Bajo
Buscar alineaciones	1	3	Bajo
Crear copia de seguridad de la base de datos	1	4	Bajo
Autenticar usuario	1	2	Bajo
Cambiar contraseña	1	1	Bajo
Imprimir reporte de alineación	1	240	Media

Tabla 26. Planificación: Peticiones

Nombre del fichero interno	Cantidad de ficheros	Cantidad de elementos de datos	Clasificación (Bajo, Medio, Alto)
ALINEACION_MED	1	26	Bajo
ALINEACION_MED_VERTICAL	1	8	Bajo
EMPRESA	1	3	Bajo
HORNO	1	8	Bajo
USUARIO	1	6	Bajo

Tabla 27. Planificación: Ficheros Internos



Elementos	Bajos	X Peso	Medios	X Peso	Altos	X Peso	Subtotal de puntos de función
Ficheros lógicos internos	5	7	0	10	0	15	35
Ficheros de interfaces externas	0	5	0	7	0	10	0
Entradas externas	9	3	0	4	3	6	45
Salidas externas	8	4	2	5	1	7	49
Peticiones	5	3	1	4	0	6	19
Total							148

Tabla 28. Planificación: Puntos de función

Características		Valor
Puntos de función desajustados		148
Lenguaje	C++	Microsoft Access
Instrucciones fuentes por puntos de función.	29	35
Por ciento de la aplicación en cuanto a requerimientos funcionales.	70%	30%
Instrucciones fuentes	3004,4	1554
Total de instrucciones fuentes	4558,4	

Tabla 29. Planificación: Miles de instrucciones fustes



Miles de instrucciones fuentes (**MF**) = **4,5584**

3.3.2 – Determinación de los costos

Multiplicadores de esfuerzo

Multiplicadores de esfuerzo vinculados al producto

RELY: Confiabilidad.

DATA: Tamaño de la BD.

CPLX: Complejidad del Producto.

RUSE: Reutilización.

DOCU: Necesidades de Documentación.

TIME: Tiempo de Ejecución.

STOR: Almacenamiento

PVOL: Volatilidad de la plataforma.

Multiplicadores de esfuerzo vinculados al personal

PCAP: Capacidad de los Programadores.

PCON: Continuidad del Personal.

APEX: Experiencia de los Analistas.

PLEX: Experiencia con la plataforma.



LTEX: Experiencia con Lenguajes y Herramientas.

Multiplicadores de esfuerzo vinculados al proyecto

TOOL: Uso de Herramientas de SW.

SITE: Desarrollo en diferentes Sitios.

SCED: Requerimientos de Cronograma.

Parámetro de Coste	Combinación equivalente
Diseño inicial	Post Arquitectura
RCPX	RELY, DATA, CPLX, DOCU
RUSE	RUSE
PDIF	TIME, STOR, PVOL
PERS	ACAP, PCAP, PCON
PREX	AEXP, PEXP, LTEX
FCIL	TOOL, SITE
SCED	SCED

Tabla 30. Multiplicadores de esfuerzo

Factores de escala

PREC: Precedencia.

FLEX: Flexibilidad.

RESL: Riesgos.

TEAM: Cohesión del Equipo.

PMAT: Madurez de las Capacidades.



Cálculo de:	Valor	Justificación
RCPX	1	Nominal: La aplicación posee una complejidad moderada, al igual que la base de datos.
RUSE	1	Nominal: El código reutilizable puede ser empleado en varias secciones de la aplicación.
PDIF	1	Nominal: El tiempo de ejecución no es crítico, el programa puede estar corriendo un tiempo ilimitado sin afectación alguna. EL software no tiene limitación de memoria impuesta. La plataforma de aplicación posee estabilidad aceptable.
PERS	0.83	Hay poco movimiento del personal. (Alto)
PREX	0.87	Alto: Se tiene experiencia en la plataforma, herramientas y lenguaje en más de 2 años.
FCIL	0,87	Alto: Se emplearon las herramientas de desarrollo disponibles, Borland C++ Builder 6, Rational Rose en conjunción con el lenguaje UML.
SCED	1	Alto: La planificación se realiza con una frecuencia moderada.
PREC	2.48	Alto: Se posee una comprensión general de los objetivos del producto. La experiencia en el desarrollo de aplicaciones de este tipo es aceptable.
FLEX	1.01	Muy Alto: El sistema cuenta con gran flexibilidad en cuanto a las especificaciones establecidas.
TEAM	1.10	Muy Alto: Existe bastante cohesión y cooperación.
RESL	4.24	Nominal: Existen factores de riesgo.
PMAT	3.12	Alto: El promedio de respuestas afirmativas es aceptable.

Tabla 31. Costos: Factores de Escala



Multiplicadores de esfuerzo

$$EM = \prod_{i=1} E_{mi} = RCPX * RUSE * PDIF * PERS * PREX * FCIL * SCED$$

$$EM = 1 * 1 * 1 * 0.83 * 0.87 * 0.87 * 1$$

$$EM = 0.628227 \approx \mathbf{0.63}$$

Factores de escala

$$SF = \sum SFi = PREC + FLEX + RESL + TEAM + PMAT$$

$$SF = 2,48 + 1,01 + 4.24 + 1.10 + 3.12$$

$$SF = \mathbf{11.95}$$

Valores de los coeficientes

$$\mathbf{A = 2.94}$$

$$\mathbf{B = 0.91}$$

$$\mathbf{C = 3.67}$$

$$\mathbf{D = 0.24}$$

$$E = B + 0,01 * SF$$

$$E = 0.91 + 0.01 * 11,95$$

$$E = 1,0295$$

$$F = D + 0,2 * (E - B)$$

$$F = 0.24 + 0.2 * (1,0295 - 0.91)$$

$$F = 0.2639$$

Esfuerzo

$$PM = A * (MF)^E * EM$$

$$PM = 2.94 * 4,5584^{1,0295} * 0.63 \approx \mathbf{8.83}$$



Cálculo del tiempo de desarrollo

$$TDEV = C * PM^F$$

$$TDEV = 3,67 * 8,83^{0.2639}$$

$$TDEV = 3,67 * 1.78$$

$$TDEV = 6,54 \approx 7 \text{ meses}$$

Cálculo de la cantidad de hombres

$$CH = PM / TDEV$$

$$CH = 8.83 / 6,54$$

$$CH = 1.35 \approx 2 \text{ hombres}$$

Costo

Se asume como salario promedio mensual para un hombre \$ 225 y para el otro \$ 389.

$$\text{Costo} = CHM * PM$$

$$CHM = 1 * 225 + 1 * 389$$

$$CHM = \$ 614 / \text{Mes}$$

$$\text{Costo} = 614 * 8.83$$

$$\text{Costo} = \$ 5422$$



Los costos de desarrollo del sistema se relacionan a continuación:

Cálculo de:	Valor
Esfuerzo (PM)	8.83
Tiempo de desarrollo	7 meses
Cantidad de hombres	2
Costo	\$ 5422
Salario medio	\$ 305,5
RCPX	1
RUSE	1
PDIF	1
PREX	0,87
FCIL	0,87
SCED	1

Tabla 32 . Costos de desarrollo

3.3.3 – Beneficios tangibles e intangibles

Los beneficios que aporta una aplicación informática pueden ser económicos o de orden social, siendo estos últimos de tanta importancia como los primeros.

Los beneficios intangibles del software propuesto están relacionados con la mejora que proporcionará a los especialistas de la Fábrica de Cemento Siguaney en la realización de los cálculos de alineación, permitiendo de este modo una mayor eficiencia y rapidez en el trabajo, lo cual conducirá a la obtención de resultados favorables para dicha entidad.

La revelación de ampliar la vinculación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el universo de la industria cementera así como la incorporación de



criterios novedosos en la realización de los cálculos de alineación son aspectos alentadores que dan al traste con el mejoramiento del estado técnicos de los equipos y la calidad del mantenimiento de los mismos.

Los beneficios tangibles se materializarán a largo plazo, pues si se logra una alineación confiable y precisa de los hornos rotatorios se contribuirá a evitar el deterioro rápido de los mismos con lo que se reducirá en consecuencia los gastos adicionales de recursos económicos.

3.3.4 – Análisis de costos y beneficios

Al desarrollo de un producto informático le es inherente un costo de producción, la justificación del mismo dependerá de los beneficios tangibles e intangibles que este aporte.

El desarrollo del presente sistema servirá para lograr la automatización de los cálculos para la alineación de hornos rotatorios. Los usuarios que utilizarán el software de manera directa notarán las potencialidades del mismo, ya que será flexible, poseerá una interfaz visual agradable e incorporará funcionalidades novedosas.

Después de hacer un estudio de costos se concluye que la realización de este proyecto requiere de pocos recursos y un presupuesto razonable teniendo en cuenta lo que significaría la compra o adaptación de alguna otra herramienta al contexto de investigación.

En el desarrollo de la aplicación no se incurrió en gastos adicionales de equipamiento, materiales de oficina, compra de herramientas de desarrollo, ni se contrató personal de trabajo calificado, en consecuencia la realización de esta aplicación representa un costo de 5422 MN y se puede llevar a cabo con 2 personas en un plazo de 7 meses.



Por todo lo anteriormente planteado se considera que resultó factible la realización de este proyecto.

3.4 – Conclusiones del capítulo

En este capítulo se describieron las características de la interfaz del sistema propuesto así como, los distintos estándares a seguir en la confección de la misma. Se especificó todo lo relacionado con el tratamiento de errores y la concepción de la ayuda y se realizó un estudio de factibilidad técnico - económica del producto donde se determinaron los costos de desarrollo y los beneficios tangibles e intangibles que reportaría, utilizándose para ello el modelo COCOMO II.



Conclusiones

En el presente documento se han analizado las características, funcionalidades y principalmente las ventajas y los beneficios que reportará la implementación del sistema propuesto, el cual significará un paso de avance en el proceso de automatización de los cálculos para la alineación de hornos rotatorios en la industria cementera cubana. De esta manera se arriban a las siguientes conclusiones.

- Se analizó el proceso de alineación de los hornos rotatorios en aras de conceptualizar los términos asociados al dominio del problema de investigación.
- Se implementaron los modelos matemáticos necesarios para el cálculos de los parámetros de control de alineación, los movimientos totales a los rodillos de apoyo del equipo y estadísticas del estado de operación.
- Se aplicaron técnicas para el tratamiento gráfico de los resultados finales que provee el sistema.
- Se construyó una base de datos la cual resulta un sistema de gestión apropiado para organizar y almacenar eficientemente la información que manipula el sistema.
- Se construyó un producto de software de calidad aceptable, que incluye criterios novedosos en la realización de los cálculos de alineación, obteniéndose con ello una mayor precisión y confiabilidad en los mismos lo que influye positivamente en el estado técnico de los equipos y consecuentemente en el ahorro de recursos económicos, de manera significativa mejora el trabajo de los especialistas encargados de realizar esta labor.



Recomendaciones

Teniendo en cuenta que los objetivos trazados al inicio de este trabajo han sido logrados y que este sistema constituye la primera fase de un proyecto que puede ser mucho más abarcador se realizan las siguientes recomendaciones:

- Comenzar de inmediato su utilización para de este modo comprobar su desempeño.
- Aprovechar las funcionalidades que brinda el software para extender su aplicación a otras empresas de cemento del país.
- Continuar enriqueciendo los métodos de cálculo implementados a partir de las experiencia práctica y los criterios utilizados internacionalmente.
- Ampliar las funcionalidades del sistema de reportes.



Referencias Bibliográficas

[1] Torres Triana, Armando. Hornos rotatorios del cemento. — La Habana: Editorial Científico Técnica, 1981. — p.3.

[2] Phillips Kiln Services LTD. Estados Unidos. Kiln Alignment Analysis (Catálogo Industrial). — p.2.

[3] Cemento, En Enciclopedia Microsoft Enacarta. DVD Premiun (2007).

[4] Torres Triana, Armando. Diagnóstico Energético para Cemento. — La Habana [s.n], 2000, — p.4.

[5] Duda, Walter H. Manual tecnológico del cemento. — Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A, 1977. — p 199.

[6] Rodríguez Menéndez, Evilio. Procedimiento General para la Alineación de los Hornos Rotatorios. — La Habana [s.n], 2005 . — p.1.

[7] Phillips Kiln Services LTD. Estados Unidos. Kiln Alignment Analysis (Catálogo Industrial). — p.1.

[8] Cuba, Empresa Consolidada de los Silicatos. Resolución 19/ 76: Norma de Procedimiento para la Alineación de Hornos Rotatorios. — La Habana, 1976. — p.3.

[9] Ferré Grau, Xavier. Desarrollo orientado a objetos con UML. Tomado De: <http://www.clikear.com/manuales/uml/introduccion.asp> (1/03/08).



- [10] Letelier Torres, Patricio. Desarrollo de Software Orientado a Objeto usando UML.
- [11] Cabello Pérez, Ronny. Software para la presentación meteorológica televisiva; Hugandy Álvarez Acosta, tutor . — Trabajo de Diploma, UCF (Cf), 2006, — 53 h.
- [12] García García, Maribel. Sistema para el pronóstico y tratamiento de Infecciones de Transmisión Sexual; Karina L Fernández Sánchez, tutor . — Trabajo de Diploma, UCF (Cf), 2005, — 35 h.
- [13] Jacobson, Ivar. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. — La Habana: Editorial Felix Varela, 2004. —p.4.
- [14] Díaz Antón Maria Gabriela, Propuesta de una metodología de desarrollo de software educativo bajo un enfoque de calidad sistemática. Tomado De: <http://www.academia-interactiva.com/ise.pdf> (21/03/08).
- [15] Álvarez Betancourt, Yuniol. Sistema de Gestión de Información de jugadores y torneos de la Federación Cubana de Ajedrez Postal; Ernesto González Díaz, tutor . Trabajo de Diploma, CUJAE (LH), 2007, — 22 h.
- [16] Peraza Bello, Demis. Sistema de Evaluación de Cualidades Dinámicas y de Consumo; Antonio Toledo Dorrego, tutor . Trabajode Diploma, UCF (Cf), 2006, — 47 h.



[17] Cabello Pérez, Ronny. Software para la presentación meteorológica televisiva; Hugandy Álvarez Acosta, tutor . — Trabajo de Diploma, UCF (Cf), 2006, — 31 h.

[18] Peraza Bello, Demis. Sistema de Evaluación de Cualidades Dinámicas y de Consumo; Antonio Toledo Dorrego, tutor . Trabajo de Diploma, UCF (Cf), 2006, — 43 - 44 h.

[19] Jacobson, Ivar. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. — La Habana: Editorial Felix Varela, 2004. —p.118.

[20] Ibidem, p.115 -116.

[21] Ibidem, p.128.

[22] Ibidem, p.133.

[23] Ibidem, p.158

[24] Jacobson, Ivar. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. — La Habana: Editorial Felix Varela, 2004. —p.116.

[25] Lauro, Soto. Especificación de requerimientos”. Tomado de:
<http://mitecnologico.com/Main/EspecificacionesDeRequerimientos> , (4/03/08)



[29] Comunidad de desarrolladores. Diagrama de Clases de Diseño. Tomado De:
<http://www.clikear.com/manuales/uml/faseconstruccionbajonivel.asp>, (6/04/08).

[30] Diseño de bases de datos de SQL Server. Tomado De:
<http://www.microsoft.com/latam/technet/articulos/idc/idc5/default.asp>, (06/02/08).

[31] Jacobson, Ivar. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. — La Habana: Editorial Felix Varela, 2004. —p.257.



Bibliografía

- Torres Triana, Armando. Hornos rotatorios del cemento/ Armando Torres Triana. — La Habana: Editorial Científico – Técnica, 1981. — 195 p.
- Duda, Walter H. Manual tecnológico del cemento / Walter H Duda. — Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A, 1977. — 345 p.
- Labahn, Otto. Prontuario del cemento/ Otto Labahn, Kohlhas. — Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A, 1985. — 390 p.
- Rodríguez Menéndez, Evilio. Procedimiento General para la Alineación de los Hornos Rotatorios/ Evilio Rodríguez Menéndez, Alexis Hernández Domínguez. — La Habana [s.n], 2005 . — 18 p.
- Cuba, Empresa Consolidada de los Silicatos. Resolución 19/ 76: Norma de Procedimiento para la Alineación de Hornos Rotatorios. — La Habana, 1976. —14p.
- Phillips Kiln Services LTD. Estados Unidos. Kiln Alignment Analysis (Catálogo Industrial).
- Cement Engineering Services Co. Iran. Alignment Review (Catálogo Industrial).
- Jacobson, Ivar. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software/ Ivar Jacobson, Grady Brooch, James Rumbaugh. — La Habana: Editorial Felix Varela, 2004. — 438 p .
- Torres Triana, Armando. Diagnóstico Energético para Cemento/ Armando Torres Triana. — La Habana [s.n], 2000, — 84 p.

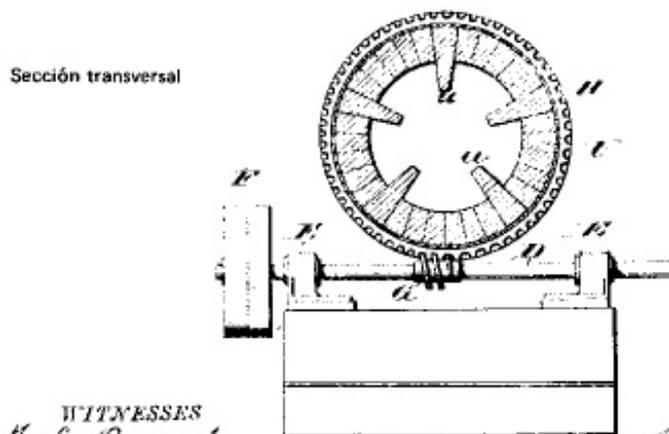
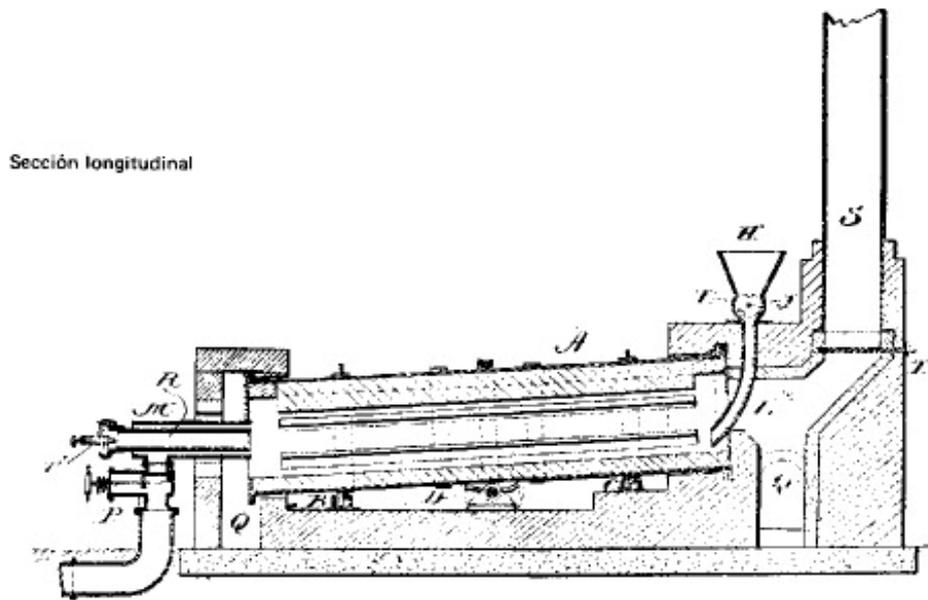


- Castillo Gómez, Oscar. Tecnología General del Cemento/ Oscar Gómez Castillo, Clara Pau Márquez. — La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1984. — 228 p.
- De las Cuebas, Juan L. Cien años del Cemento en Cuba/ Juan L De las Cuebas, — La Habana [s.n].
- Gebhart, Walter M. The Direct Method. Tomado De:
[http:// www.kiln.com](http://www.kiln.com) (20/01/08).
- Polysius. México. Horno rotatorios de Polysius (Catálogo Industrial).



Anexos

ANEXO A. DIBUJO DE LA PATENTE DE RANSOME

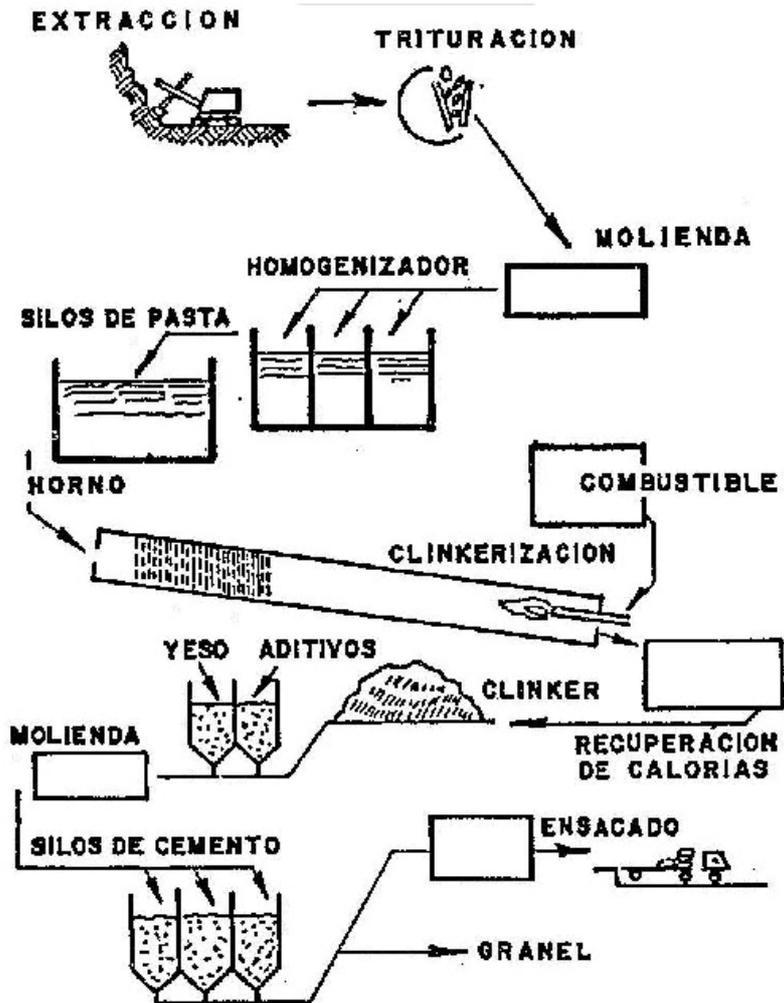


WITNESSES
J. L. O'Connell
H. A. Smith

INVENTOR
Frederick Ransome
By *J. W. Robertson*
Attorney

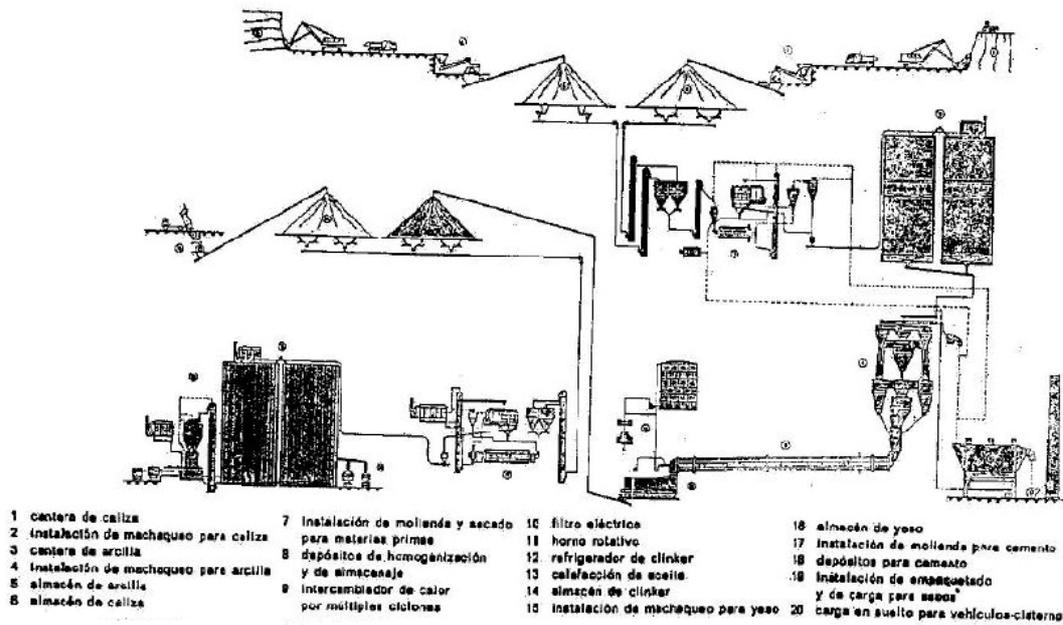


ANEXO B. ESQUEMA DE FABRICACIÓN DE CEMENTO POR VÍA HÚMEDA





ANEXO C. ESQUEMA DE FABRICACIÓN DE CEMENTO POR VÍA HÚMEDA



ANEXO D. PROTOTIPO AUTENTICARSE

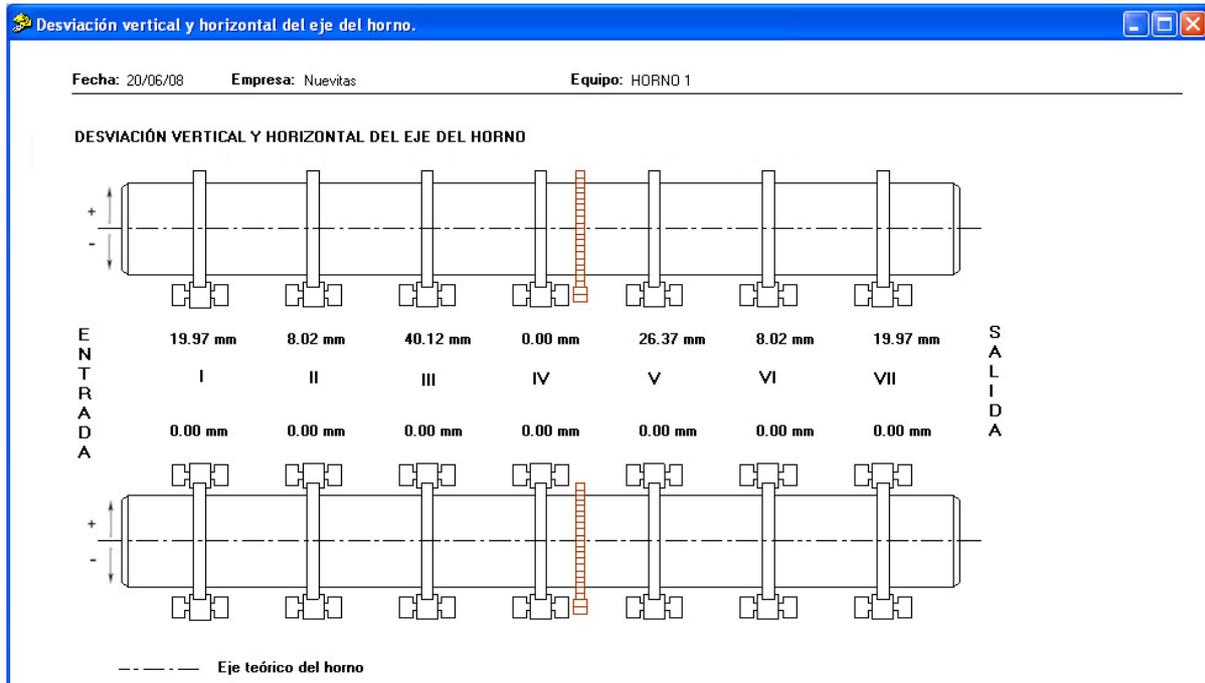




ANEXO E. PROTOTIPO CAMBIAR CONTRASEÑA

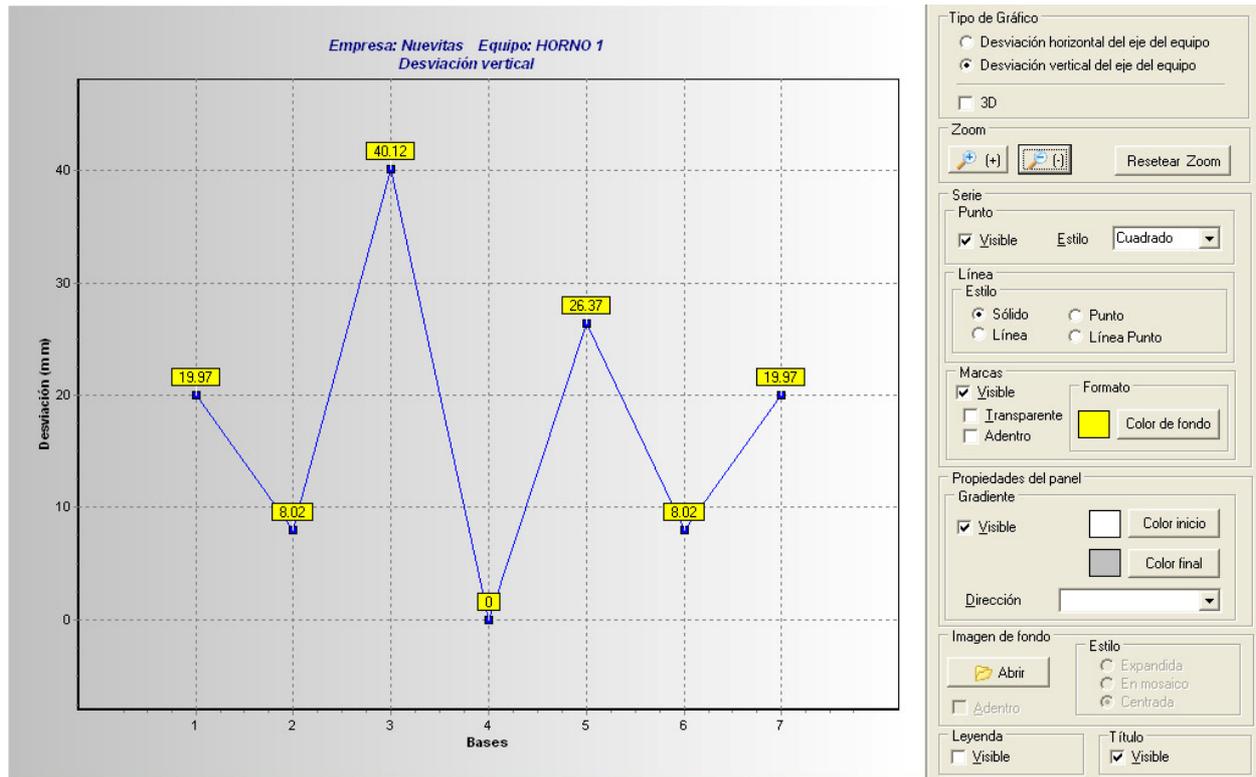


ANEXO F. PROTOTIPO CALCULAR DESVIACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL



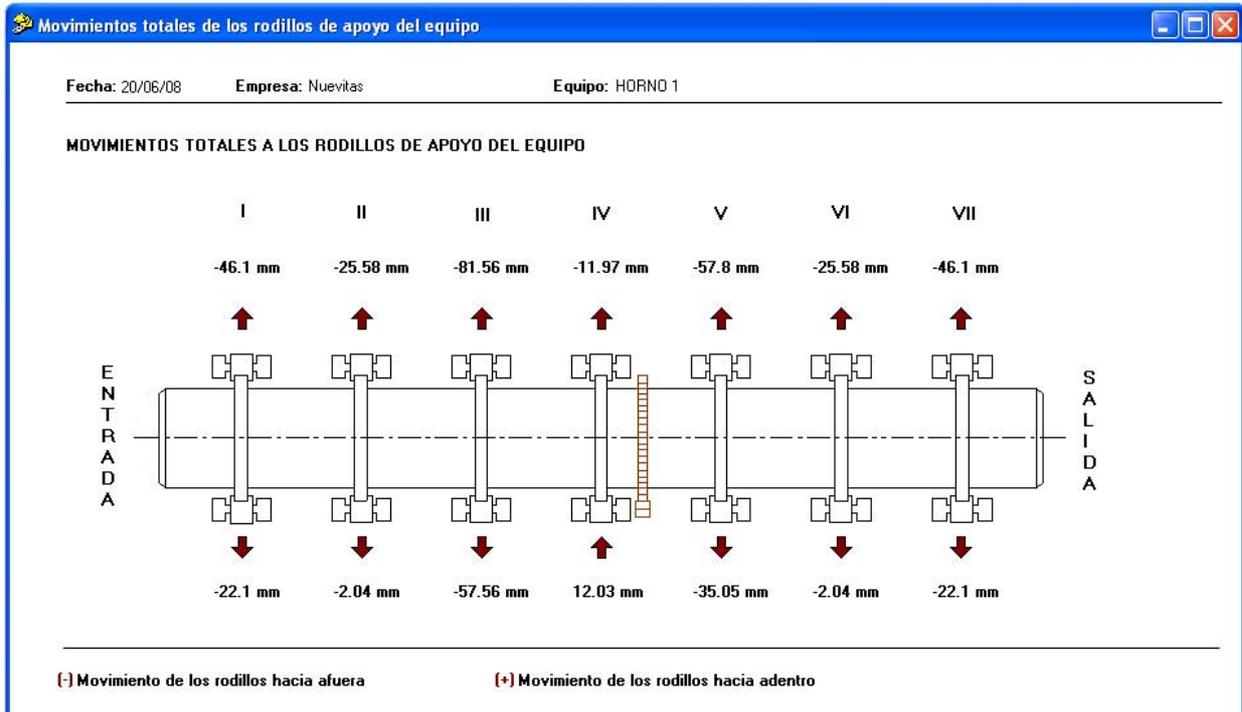


ANEXO G. PROTOTIPO GENERAR GRÁFICO





ANEXO H. PROTOTIPO CALCULAR MOVIMIENTOS TOTALES



**ANEXO I. PROTOTIPO CALCULAR ESTADÍSTICAS**

Fecha: 20/06/08

Empresa: Nuevitas

Equipo: HORNO 1

ESTADÍSTICAS DEL ESTADO DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
Diámetro promedio del rolo derecho (mm)	1400	1350	1400	1400	1360	1350	1400
Diámetro promedio del rolo izquierdo (mm)	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Diámetro promedio del bandaje (mm)	4770	4770	4770	4740	4750	4770	4770
Ángulo derecho inicial (grados)	29.99	29.62	29.23	30.25	28.75	29.62	29.99
Ángulo izquierdo inicial (grados)	29.99	30.43	29.23	30.25	29.42	30.43	29.99
Ángulo derecho final (grados)	30.72	29.93	30.72	30.25	29.76	29.93	30.72
Ángulo izquierdo final (grados)	30.72	30.72	30.72	30.25	30.41	30.72	30.72
Desgaste del rolo derecho en diámetro (mm)	0	50	0	0	40	50	0
Desgaste del rolo izquierdo en diámetro (mm)	0	0	0	0	0	0	0
Holgura en la base del rolo derecho (mm)	0.39	22.04	0.39	13.38	26.37	22.04	0.39
Holgura en la base del rolo izquierdo (mm)	0.39	0.39	0.39	13.38	9.05	0.39	0.39
Desgaste del bandaje en diámetro (mm)	0	0	0	30	20	0	0
Altura inicial (mm)	2652.25	2652.15	2652.25	2652.13	2652.17	2652.15	2652.25
Corrección horizontal (mm)	12	12	12	12	12	12	12
Corrección vertical (mm)	0	0	0	0	0	0	0
Calidad de la alineación (%)	99.26	99.26	99.26	99.26	99.26	99.26	99.26



ANEXO J. PROTOTIPO GENERAR REPORTE

Reporte de alineación.

REPORTE DE ALINEACIÓN

Fecha: 26.05.08
Empresa: Siguaney
Equipo: HORNO 3

MEDICIONES

Base	dde	ddm	dds	dle	dlim	dis	XE	XS	XE	YS	Db/2	holg/2
1	1394	1391	1390	1397	1391	1390	618	623	1553	1569	2385	3.98
To	Tn	Z	Sd	Si	vtop	din	dbn					
30	30	2672	0	0	0	1400	4770					

VALORES DE CORRECIÓN

CH	CV
0	20

MOVIMIENTOS TOTALES A LOS RODILLOS

MOVTRD	MOVTRI
-30.9	45.16

ESTADÍSTICAS

ANGULO DER FINAL	ANGULO IZO FINAL	DESGASTE ROLO DER	DESGASTE ROLO IZO	DESGASTE BANDAJE
29.44	29.46	8.33	7.33	0

MEDICIONES

Base	dde	ddm	dds	dle	dlim	dis	XE	XS	XE	YS	Db/2	holg/2
2	1388	1391	1382	1384	1387	1390	641	644	1524	1529	2384	6



ANEXO U. PROTOTIPO VISUALIZAR HORNOS

Equipo	Empresa	Longitud	Diámetro	Cantidad_bases	Base_motriz	Pendiente_proyecto	A
HORNO 10	Nuevitas	22	2	7	4	4	2700
HORNO 5	Cemento Philip	78	9	5	3	4	255
HORNO 6	Cemento Avila	150	5.4	7	4	4	2700
HORNO 5	Siguaney	126	3	6	4	3.8	2700
HORNO 7	Cemento Artemisa	132	4	7	5	4	2700
HORNO 7	Cemento Suiza	45	4	7	4	2	2700
HORNO 4	Nuevitas	30	5	7	1	4	1700
HORNO 5	Nuevitas	45	4	2	1	5	1700
HORNO 0	Cemento Camaguey	45	3	2	1	2	1700
HORNO 1	Nuevitas	150	2	7	4	4	2700
HORNO 3	Cemento Carlos Marx	4.7	2	2	1	0	10
HORNO 3	Cemento Avila	30	2	2	1	2	1400
HORNO 4	Cemento Avila	6	7	2	1	6	1700
HORNO 6	Cemento Artemisa	152	4	5	3	3	1700
HORNO 5	Cemento Artemisa	130	3	5	4	3.6	1400
HORNO 2	Cemento Artemisa	140	4	7	2	4	1700
HORNO 7	Cemento Carlos Marx	56	4	7	5	3	1500
HORNO 8	Cemento Carlos Marx	6.6	54	2	1	6	5
HORNO 4	Cemento Artemisa	80	3	6	6	3	1700
HORNO 2	Siguaney	126	3.5	6	3	4	2700
HORNO 3	Cemento Santiago	59	20	7	3	4	2800
HORNO 4	Cemento Santiago	13	54	2	2	1	2700
HORNO 6	Cemento Carlos Marx	120	5	7	4	3.4	2700
Horno 24	CEMEX	153	4	6	3	4	1800
HORNO 1	Siguaney	126	3	6	3	4	2700
HORNO 1	CEMEX	26	32	7	3	4	2700
Tambor Secador	Cemento Santiago	120	5	6	4	35	2700



ANEXO K. PROTOTIPO VISUALIZAR EMPRESAS

Nombre	Dirección	Descripción
Cemento Artemisa	Artemisa, Ciudad de la Habana	Nacionalizada en 1960, Nombre .
Cemento Avila	SS	nada
Cemento Carlos Marx	Cienfuegos	nada
Cemento José Mercaderón Allen	Santiago de Cuba	Antiguos Cementos Nacionales S.A.;
Cemento Camaguey	Camaguey	nada
Siguaney	Municipio Siguaney, Carretera Zaza	Fundada por Ernesto Che Guevara.
Nuevitas	Camaguey	Carretera NuevitaS km 2 entre Pedro M Sanchez y Tinajón.
Cemento Philip	Camaguey	1ra del oeste numero 23 entre tercera y Eduardo R Chibás.
Cemento Suiza	Suiza	Corporación mixta
Cemento Santiago	Santiago de Cuba	Esta empresa es mixta con Iran
Cemento Phillips	Lucas Works, Sheffield Road, Dronfield Sheffiel	Philip kln services (India) LTD
CEMEX	Mexico	nada
Cemento Mártires de Artemisa	Cienfuegos	Nada+
Cemento Cruz Azul	México	nada
Cemento Santiago/Iran	Cuba/Iran	nada
René Arcay	Pinar del Río	Antigua fábrica, Cemento el Morro.
26 de Julio	Cienfuegos	Mixta
Cemento Venezuela	Venezuela	Empresa mixta.
Cemento Polysius	Mexico	nada
Cemento Mariel	La Habana	Nada
Revolución		



ANEXO L. PROTOTIPO VISUALIZAR ALINEACIONES

Historial

Filtrar por: Código: Empresa: Equipo:

Código	Empresa	Equipo
DS260508	Siguaney	HORNO 3
DS270508	Siguaney	HORNO 3
IC040508	Cemento Suiza	HORNO 7
IS040508	Cemento Suiza	HORNO 7
IS080508	Cemento Suiza	HORNO 7
IS120508	Cemento Suiza	HORNO 7
IS130508	Cemento Suiza	HORNO 7
IS150508	Cemento Suiza	HORNO 7
IS210508	Cemento Suiza	HORNO 7
IS230508	Cemento Suiza	HORNO 7
IS280508	Siguaney	HORNO 1
IS462620	Cemento Avila	HORNO 6
IS555555	Cemento Camaguey	HORNO 0
IS555555	Cemento Philip	HORNO 5
IS555989	Cemento Suiza	HORNO 7

ANEXO M. PROTOTIPO BUSCAR HORNOS

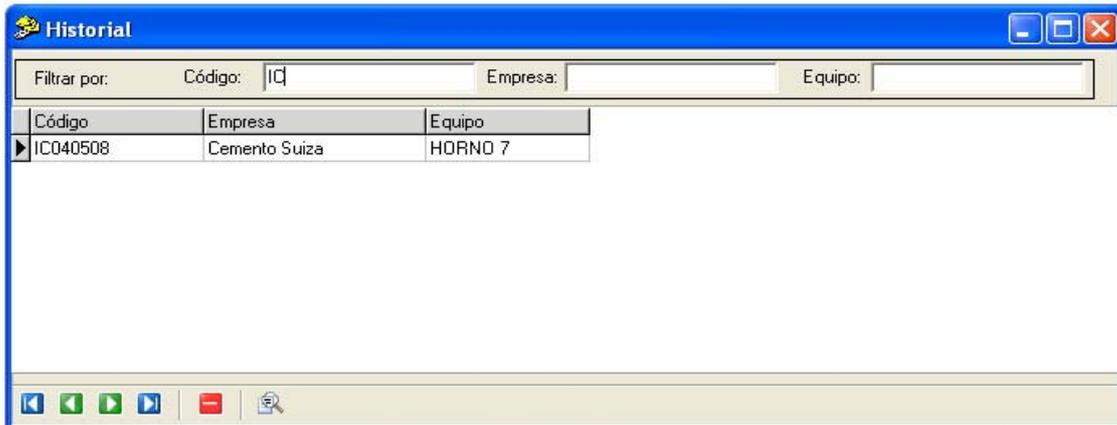
Hornos

Ver todos Filtrar por: Empresa: Sig Equipo:

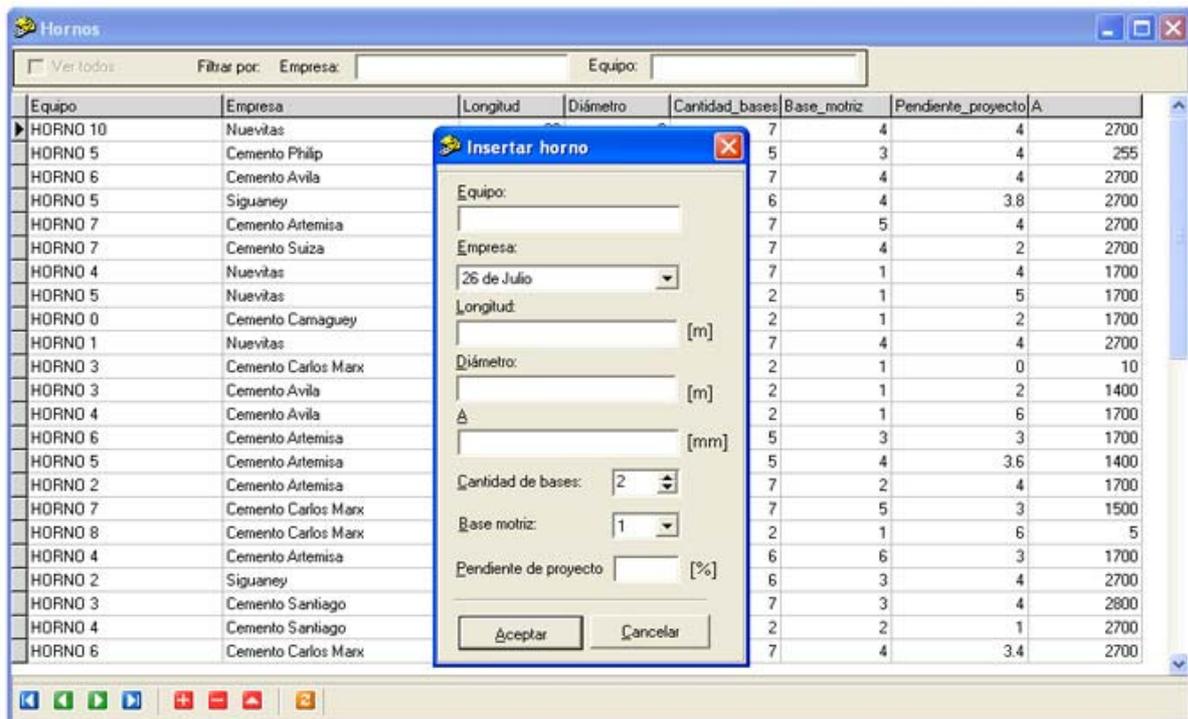
Equipo	Empresa	Longitud	Diámetro	Cantidad_bases	Base_motriz	Pendiente_proyecto	A
HORNO 5	Siguaney	126	3	6	4	3.8	2700
HORNO 2	Siguaney	126	3.5	6	3	4	2700
HORNO 1	Siguaney	126	3	6	3	4	2700
HORNO 3	Siguaney	126	3.5	6	3	4	2800



ANEXO N. PROTOTIPO BUSCAR ALINEACIONES

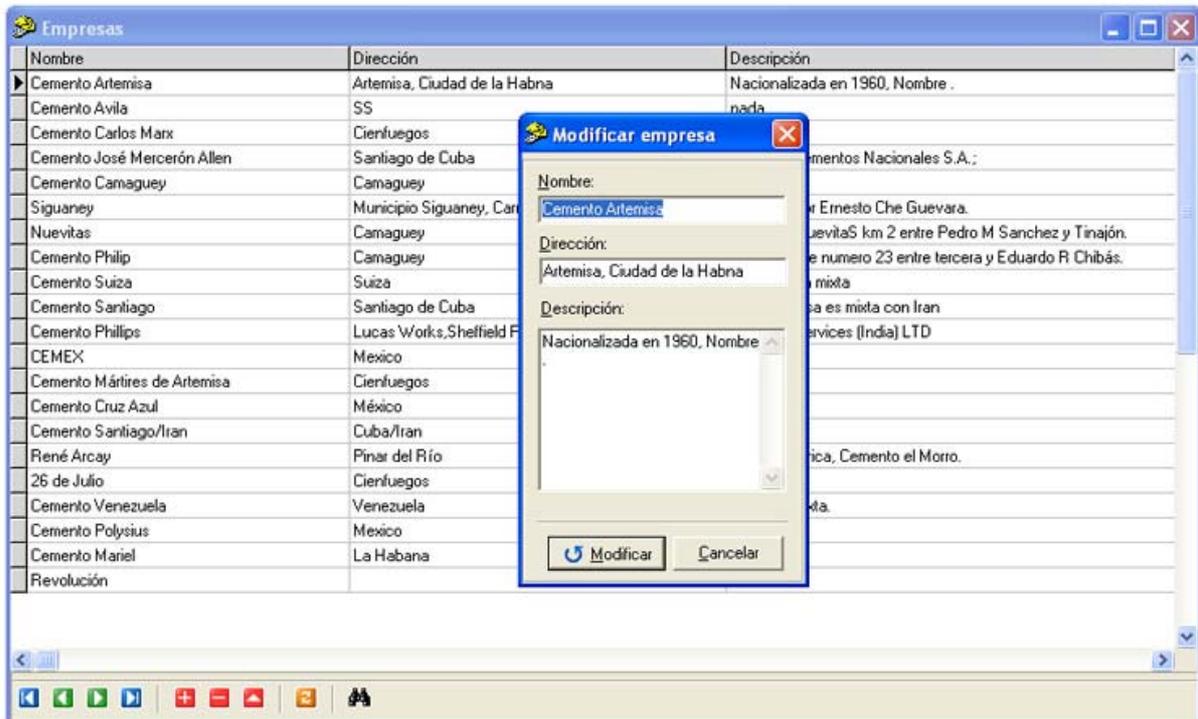


ANEXO O. PROTOTIPO GESTIONAR HORNOS



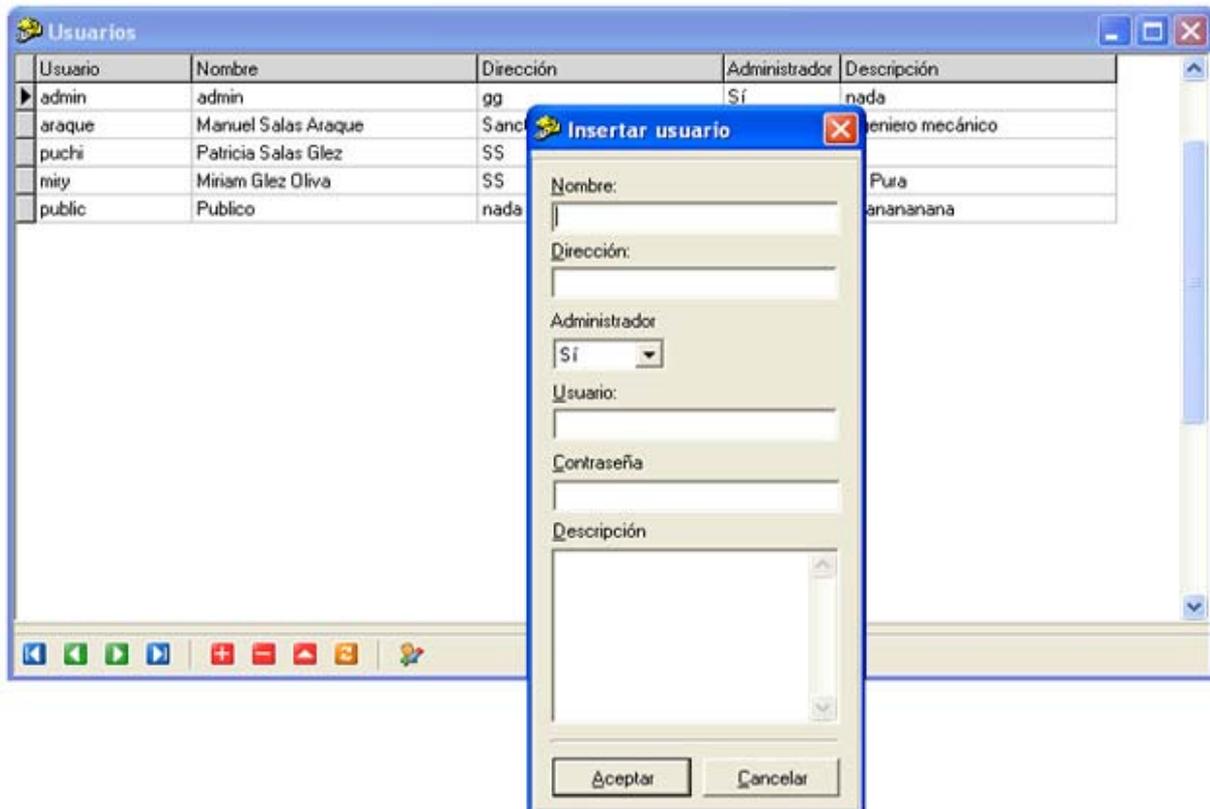


ANEXO P. PROTOTIPO GESTIONAR EMPRESAS



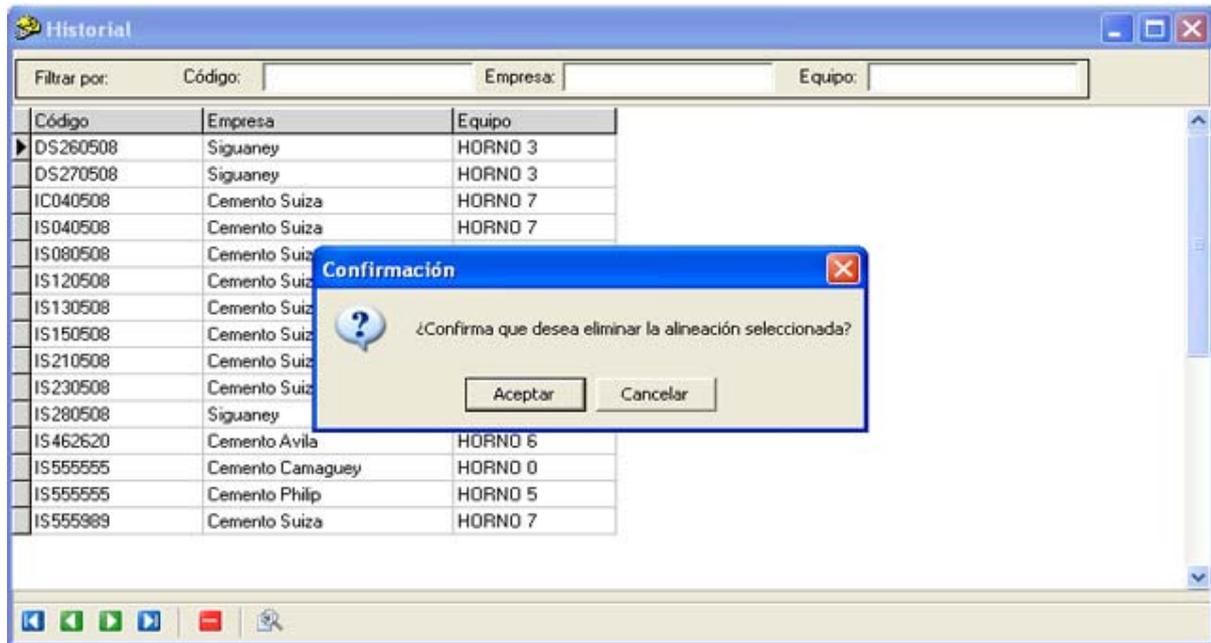


ANEXO Q. PROTOTIPO GESTIONAR USUARIOS





ANEXO R. PROTOTIPO GESTIONAR ALINEACIONES





ANEXO S. PROTOTIPO CREAR COPIA DE SEGURIDAD DE LA BASE DE DATOS

Fecha: 20/06/08 Empresa: Siguaney Equipo: HORNO 1

A: 2700 mm Diámetro: 3 m Cantidad de bases: 6
Longitud: 126 m Pendiente de proyecto: 4 % Base Motriz: 3

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
dde	1334	1388	1334	1397	1390	1374
ddm	1391	1391	1391	1395	1390	1370
dds	1390	1382	1393	1397	1391	1371
die	1397	1384	1396	1392	1380	1393
dim	1391	1387	1397	1395	1390	1390
dis	1390	1390	1395	1399	1395	1394
XE	618	641	750	756.5	779	817
XS	623	644	752	758.5	776	814
YE	1553	1524	1301	1284	1269	1252
YS	1569	1529	1298	1285	1267	1246
Db/2	2385	2384	2130	2128	2129	2129
holg/2	3.98	6	3.66	5.25	4.01	4.5
To	30	30	30	30	30	30
Tn	30	30	30	30	30	30
Z	2672	2672	2455	2455	2455	2455
Sd	0	0	0	0	0	0
Si	0	0	0	0	0	0
vtop	0	0	0	0	0	0
drn	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Dbn	4770	4770	4270	4270	4270	4270

Aceptar Cancelar



ANEXO V. HORNO ROTATORIO REAL

