MANTENIMIENTO PREDICTIVO PI

VINICIO ALEJANDRO HERRERA BOLAÑO

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y SISTEMAS

MEDELLIN

2005

MANTENIMIENTO PREDICTIVO PI

VINICIO ALEJANDRO HERRERA BOLAÑO

Proyecto de Grado para optar por el título de
Ingeniero de sistemas

Asesor

JORGE FRANCISCO PACATEQUE
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y SISTEMAS

MEDELLIN

2005

INDICE

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 9

2. OBJETIVOS 11

2.1 OBJETIVO GENERAL 11

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11

3. ALCANCE Y PRODUCTOS FINALES DEL PROYECTO 12

3.1 ALCANCE 12

3.2 PRODUCTO TERMINADO 12

4. ETAPA DE ANÁLISIS 13

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA 13

4.1.1 Qué Son Las Grúas De Calcina y para qué sirven. 13

4.1.2 Funcionalidad Del Puente, Gancho Y Trolley. 14

4.1.3 Función De Los Motores Y Reductores Del Puente-Grúa CN08.. 15

4.1.4 Ficha Técnica Del Motor Del Trolley.. 18

4.1.5 Ficha Técnica De Los Motores Del Gancho.. 19

4.2 UTILIZACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN COMO HERRAMIENTA EN CAMPO 20

4.2.1 Sensores.. 20

4.2.2 Descripción De La Red De Proceso e interfaces de PI.. 25

4.2.3 La Fuente 25

5. ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN 28

5.1 CAPAS DEL MODELO OSI 28

6. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 34

7. ETAPA DE DISEÑO 35

7.1 ACERCA DE LA HERRAMIENTA PI 36

7.1.1 Qué es PI.. 36

7.1.2 Qué son los tags de PI y cómo se configuran. 38

7.1.3 Características Del PI-ProcessBook.. 42

7.1.4 Funcionalidad Del PI-SMT.. 42

7.1.5 Descripción De La Interfaz PI-OPC 43

7.2 FUNCIONALIDAD DE NOVELL GROUPWISE 43

7.3 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA 43

7.4 DIAGRAMA DE CASOS DE USO 44

7.5 DIAGRAMA DE SECUENCIA 46

8. ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN 48

8.1 DESARROLLO EN PI-PROCESSBOOK 48

8.2 DESARROLLO DE LOS MÓDULOS 48

8.2.1 Envío De Mensajes De Beeper Y Correos. 48

8.2.2 Cambio De Color De Estado De Los Semáforos 50

8.3 DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES DE LOS PROGRAMAS. 54

9. CONCLUSIONES 56

10. RECOMENDACIONES 57

11. GLOSARIO 58

12. BIBLIOGRAFÍA 60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Grúa de calcina CN08.....14
Figura 2. Motor sureste del puente de la grúa CN08 15
Figura 3. Motor suroeste del puente de la grúa CN08 16
Figura 4. Motor noreste del puente de la grúa CN08 16
Figura 5. Motor noroeste del puente de la grúa CN08 17
Figura 6. Motor del Trolley de la grúa CN08 18
Figura 7. Motor maestro del gancho 19
Figura 8. Motor esclavo del gancho de la grúa CN08 20
Figura 9. Sensor de vibración 640A01. 21
Figura 10. Sensor de temperatura (RTD). 22
Figura 11. Variadores de Corriente 22
Figura 12. PLC remoto a bordo de la grúa CN08.....23
Figura 13. PLC principal 25
Figura 14. Fuente.....26
Figura 15. Estructura del sistema PI 37
Figura 16. Herramienta de usuario PI-processBook.exe 38
Figura 17. AlarmGroupCreator.exe 41
Figura 18. Herramienta para configuración de puntos de PI.....42
Figura 19. Menú del PI-SMT 43
Figura 20. Diagrama del Sistema Predictivo PI.....44
Figura 21. Diagrama de casos de uso 45

Figura 22. Diagrama de secuencias de notificación de correo y mensaje de beeper 46

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Ficha técnica del Motor sureste del puente de la grúa CN08.....15

Tabla 2. Ficha técnica del Motor suroeste del puente de la grúa CN08.....16

Tabla 3. Ficha técnica del Motor noreste del puente de la grúa CN08 17

Tabla 4. Ficha técnica del Motor noroeste del puente de la grúa CN08 17

Tabla 5. Ficha técnica del Motor del Trolley de la grúa CN08 18

Tabla 6. Ficha técnica del Motor maestro del Gancho.....19

Tabla 7. Ficha técnica del Motor esclavo del gancho de la grúa CN08 20

Tabla 8. Ficha técnica del sensor de vibración 21

Tabla 9. Ficha técnica del PLC remoto a bordo de la grúa CN08.....23

Tabla 10Ficha técnica de la Fuente. 26

Tabla 11. Atributos de configuración de puntos de alarma PI.....39

Tabla 12. Descripción del caso de uso 45

Tabla 13. Secuencia del caso de uso 45

INTRODUCCIÓN

La presencia de los sistemas de información en las empresas es muy importante. Éstos ayudan a organizar y mantener información en el momento oportuno.

Los sistemas de información en tiempo real son un gran apoyo para empresas que trabajan en áreas como la minería. Llevar información del proceso es de gran importancia para controlar el desempeño de la producción.

La supervisión de los equipos que hacen parte del proceso es muy importante, ya que con esto se puede detectar tempranamente el mal funcionamiento de los mismos.

El objetivo de este trabajo es desarrollar una ayuda para la supervisión y monitoreo del funcionamiento de equipos que hacen parte en el proceso de producción, de tal forma que avise inmediatamente cuando un equipo no esté funcionando de forma adecuada.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Cerro Matoso S.A. es una empresa productora de ferroniquel ubicada en el kilómetro 22 carretera suroeste Montelíbano Córdoba, con una producción anual de 107,103,877 libras de ferroniquel. Dentro del proceso productivo Cerro Matoso S.A. cuenta con dos puente-grúa P&H Morris de 60 toneladas de capacidad, las cuales se encargan de transferir el mineral desde un carro de transferencia procedente de un horno calcinador al horno eléctrico de fundición.

Una hora de parada de producción, le cuesta a Cerro Matoso S.A. sesenta millones de pesos ($60’000.000) por lo cual el mantenimiento y el monitoreo de estas grúas se hacen excesivamente crítico.

Actualmente las grúas cuentan con un programa de mantenimiento que involucra tareas de mantenimiento preventivo, mantenimientos correctivos planeados y monitoreos por condición.

Dentro del monitoreo por condición se tienen establecidas tareas de medición de vibraciones, temperaturas y corrientes; estas tareas se hacen con una frecuencia de 5 y 10 días. El tiempo estimado de cada tarea es en promedio de 5 horas / hombre. El tiempo que hay entre la ejecución de una tarea y otra no permite llevar un control y monitoreo continuo y detallado de la grúa durante su funcionamiento.

Entre el lapso de tiempo de la toma de mediciones se puede presentar algún problema en el funcionamiento de las grúas de calcina y no ser detectada o atendida a tiempo ocasionando así una o varias paradas de emergencia. En ese momento (cuando se presentan las paradas de emergencia) el personal de mantenimiento debe entrar a corregir el problema, frenando y desestabilizando la producción de forma inesperada, implicando altos costos de producción (mineral que se deja de fundir) y de mantenimiento (horas extras, transporte no programado y compra de repuestos de emergencia).

Cerro Matoso S.A. al ver la importancia de llevar un monitoreo continuo de las variables de condición busca configurar y utilizar un sistema de información que ayude en este monitoreo. En Cerro Matoso S.A. se cuenta con un sistema de información en tiempo real llamado “PI Systems”. Este sistema de información es capaz de interactuar con los equipos de control (PLC’s) de la planta para enviar y almacenar en un servidor la información del proceso y entregarla a los usuarios para ser analizada por medio de las herramientas que éste sistema posee. Además, el sistema contiene un editor de Visual Basic integrado para poder crear aplicaciones que ayuden a la supervisión y análisis de datos. Adicionalmente cuenta con un sistema Beeper montado que consta de una interfaz "People Finder" de MOTOROLA que con un protocolo POCSAG y a una velocidad de 512 mts/seg radia la información a través de un radio MOTOROLA GM-300.

Las señales a la People Finder, en la actualidad, están siendo entregadas por un Software de administración dispuesto por la Unidad de Negocios Sistemas y a cargo del Ingeniero de Redes.

Cerro Matoso S.A. busca mediante la instalación de instrumentación en campo y la configuración e integración de los sistemas mencionados anteriormente una solución al problema.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una aplicación basada en un sistema de tiempo real que facilite el seguimiento del estado de las grúas de calcina para determinar si se debe entrar en un proceso de mantenimiento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Minimizar los tiempos de parada inesperadas por fallos en el funcionamiento de las grúas de calcina.
- Aprovechar el sistema de información (PI) implementado en Cerro Matoso S.A. para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos (grúas de calcina) en el área de Calcinación y Fundición.
- Notificar por medio de un mensaje de correo o beeper a los mantenedores, planners y responsables de mantenimiento cuando un equipo está comenzando a fallar o falla en forma repentina.
- Verificar que la información enviada por los sensores y recibidas por el PLC y PI sea confiable.
- Crear una interfaz que sea amigable y fácil de entender por los usuarios del sistema.

3. ALCANCE Y PRODUCTOS FINALES DEL PROYECTO

3.1 ALCANCE

El alcance para este sistema es poder llevar el control en línea de las variables de corriente, temperatura y de vibración de la grúa de alimentación de calcina al horno eléctrico CN08.

El sistema debe enviar mensajes de correo electrónico y de beeper para informar si alguna de las señales se sale de rango, esto es, si los equipos comienzan a funcionar de forma no adecuada.

3.2 PRODUCTO TERMINADO

Se entregará un archivo configurado con una presentación que permita visualizar el estado de los equipos de la grúa CN08. Los estados de los equipos deben estar representados por 3 colores (Verde, Amarillo y Rojo), y además mostrará el detalle del comportamiento de los equipos, esto es, la tendencia de cómo se han comportando hasta el momento.

Se entregará una aplicación que informe por medio de un mensaje de correo electrónico y de beeper a los encargados del mantenimiento cuando un equipo de la Grúa de calcina se salga de un control previamente establecido.

4. ETAPA DE ANÁLISIS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

El sistema “Mantenimiento Predictivo PI”, es una aplicación que, empleando un sistema de información en tiempo real, recopila información para dar aviso por medio de un mensaje de beeper y de correo electrónico cuando un equipo que pertenece a la grúa de calcina comience a fallar o a trabajar de forma inadecuada.

En esta sección se hará una descripción acerca de los equipos a los cuales se les esta llevando control y una definición más detallada del sistema.

4.1.1 Qué Son Las Grúas De Calcina y para qué sirven. El sistema de grúas de calcina entregan como resultado un servicio de transporte, izamiento y descenso de contenedores. Los sistemas de grúas de calcina son un conjunto de equipos de accionamiento eléctrico ubicados en la pare superior del último nivel del edificio de fundición de las líneas uno (1) y dos (2).

La función de la grúa de calcina CN08, en el proceso de transferencia de calcina y carga de tolvas, es transportar los contenedores de calcina en forma vertical, longitudinal y transversal desde el carro de transferencia, ubicados en el primer piso del edificio, hasta las tolvas de calcina ubicadas en el último piso del mismo,.

En la siguiente figura (Figura 1) se ilustra la Grúa de calcina en la cual se ha implementado el proyecto. Esta es una grúa P&H Morris con capacidad para levantar 80 toneladas.

Figura 1. Grúa de calcina CN08

4.1.2 Funcionalidad Del Puente, Gancho Y **Trolley**. Las diferentes partes que conforman la grúa de calcina CN08 son; el puente, el gancho y el **Trolley**.

Las funciones principales de estos elementos son:

- El puente desplaza la grúa en forma longitudinal a través del piso de carga del edificio de fundición.

- El gancho, su función es el izamiento de los contenedores de calcina desde el carro de transferencia, ubicado en el primer piso del edificio de fundición hasta el piso de carga, último piso del mismo edificio, a través de la fosa de izamiento.

- La función del **Trolley** es desplazar el gancho a través del puente en forma Horizontal.

4.1.3 Función De Los Motores Y Reductores Del Puente-Grúa CN08. Los motores son los encargados de recibir energía eléctrica y convertirla en energía mecánica para girar a 1170 revoluciones por minuto en los motores del puente, y en los motores del **Trolley** y Gancho gira a 1190 revoluciones por minuto. Los reductores son los encargados de reducir las revoluciones de los motores.

4.1.3.1 Fichas Técnicas De Los Motores Del Puente. En las figuras de la dos a la cinco (2-5) veremos los cuatro motores que hacen parte del Puente. Las tablas de esta sección muestran la ficha técnica de cada uno de los motores.

Figura 2. Motor sureste del puente de la grúa CN08

Tabla 1. Ficha técnica del Motor sureste del puente de la grúa CN08

MARCA: SMARTORQUE	
UBICACIÓN	Sureste
PART N°:	R34135D9AHMW
SERIE:	BS10R
POTENCIA:	20 HP
TYPE:	CJ6B
FRAME:	324T
VOLTAGE:	460 V
RPM :	1170
FASE :	3
AMP	25
DUTY:	120
HZ:	60
EN CL:	TE
OPP DRIVER BEARIN:	210SFF
DRIVER BEARING:	312SFF
MAX TEMP AMB	40°C
I. CLASS:	H
	6375692-40
EQUIPO SAP:	

Figura 3. Motor suroeste del puente de la grúa CN08

Tabla 2. Ficha técnica del Motor suroeste del puente de la grúa CN08

MARCA: SMARTORQUE	
UBICACIÓN	Suroeste
PART N°:	R34135D9HMW
SERIE:	BS9
POTENCIA:	20 HP
TYPE:	CJ6B
FRAME:	324T
VOLTAGE:	460 V
RPM :	1170
FASE :	3
AMP	25
DUTY:	120
HZ:	60
EN CL:	TE
OPP DRIVER BEARIN:	210SFF
DRIVER BEARING:	312SFF
MAX TEMP AMB	40°C
I. CLASS:	H
	6-375692-40F2
EQUIPO SAP:	

Figura 4. Motor noreste del puente de la grúa CN08

Tabla 3. Ficha técnica del Motor noreste del puente de la grúa CN08

MARCA: SMARTORQUE	
UBICACIÓN	Noreste
PART N°:	R34135D9HMW
SERIE:	BS9
POTENCIA:	20 HP
TYPE:	CJ6B
FRAME:	324T
VOLTAGE:	460 V
RPM:	1170
FASE:	3
AMP	25
DUTY:	120
HZ:	60
EN CL:	TE
OPP DRIVER BEARIN:	210SFF
DRIVER BEARING:	312SFF
MAX TEMP AMB	40°C
I. CLASS:	H
	6-375692-40F2
EQUIPO SAP:	

Figura 5. Motor noroeste del puente de la grúa CN08

Tabla 4. Ficha técnica del Motor noroeste del puente de la grúa CN08

MARCA: SMARTORQUE	
UBICACIÓN	Noroeste
PART N°:	R34135D9AHMW
SERIE:	BS7
POTENCIA:	20 HP
TYPE:	CJ6B
FRAME:	324T
VOLTAGE:	460 V
RPM:	1170
FASE:	3
AMP	25
DUTY:	120
HZ:	60

EN CL:	TE
OPP DRIVER BEARIN:	210SFF
DRIVER BEARING:	312SFF
MAX TEMP AMB	40°C
I. CLASS:	H
	6375692-40
EQUIPO SAP:	

4.1.4 Ficha Técnica Del Motor Del **Trolley**. En esta sección se muestra en la *figura 6* el motor del **Trolley** y la tabla siguiente es su ficha técnica.

Figura 6. Motor del Trolley **de la grúa CN08**

Tabla 5. Ficha técnica del Motor del Trolley **de la grúa CN08**

MARCA: SMARTORQUE	
TYPE:	R34135D13AHMW
SERIE:	RS8
POTENCIA:	50 HP
RPM :	1190
FRAME:	404T
VOLTAGE:	460 V
AMP:	63.5
FASE:	3
HZ:	60
S. F.	1.15
I. CLASS:	H
DUTY:	120 Min
EN CL:	TE
OPP DRIVER BEARIN:	312
DRIVER BEARING:	316
MAX TEMP AMB	40°C
EQUIPO SAP:	

4.1.5 Ficha Técnica De Los Motores Del Gancho. El Gancho posee dos motores, un motor maestro (*Figura 7*) y un motor esclavo (*Figura 8*) y las tablas seis y siete son sus respectivas fichas técnicas.

Figura 7. Motor maestro del gancho

Tabla 6. Ficha técnica del Motor maestro del Gancho

MARCA: SMARTORQUE	
UBICACIÓN:	Sur
MODELO:	EBM1306F1A
SERIE:	02463052
POTENCIA:	250 HP
TYPE:	HAF
FRAME:	448L
VOLTAGE:	460 V
RPM:	1190
FASE:	3
F. L. AMP:	262 Amp
F.**LOAD**:	.934
HZ:	60
I. CLASS:	H
DUTY:	120 Min 40°C
N. L. AMP :	61 Amp
N. L. **WATTS**:	4195
EQUIPO SAP:	

Figura 8. Motor esclavo del gancho de la grúa CN08

Tabla 7. Ficha técnica del Motor esclavo del gancho de la grúa CN08

MARCA: SMARTORQUE	
UBICACIÓN:	Norte
MODELO:	
SERIE:	512979 7/98
POTENCIA:	250 HP
TYPE:	HAF
FRAME:	448L
VOLTAGE:	460 V
RPM:	1190
FASE:	3
F. L. AMP:	262 Amp
F.**LOAD**:	.934
HZ:	60
I. **CLASS**:	H
DUTY:	120 Min 40°C
N. L. AMP :	61 Amp
N. L. **WATTS**:	4195
EQUIPO SAP:	

4.2 UTILIZACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN COMO HERRAMIENTA EN CAMPO

4.2.1 Sensores. Para hacer un buen monitoreo y análisis predictivo del funcionamiento de los motores y cajas reductoras de la grúa de calcina, se les ha instalado sensores de vibración, sensores de temperatura y sensores de corriente.

4.2.1.1 Sensores De Vibración 640A01. Estos sensores reciben señales de cuatro (4) a veinte (20) mA y las envía al PLC. La *Figura 9* nos muestra el sensor de vibración y la *Tabla 8* nos describe su ficha técnica.

Figura 9. Sensor de vibración 640A01.

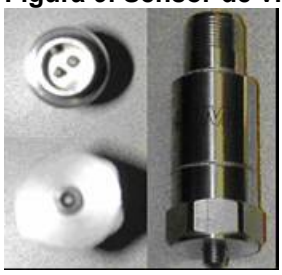


Tabla 8. Ficha técnica del sensor de vibración

Nombre	Sensores de vibración	
Referencia	640A01	
Desempeño	Ingles	SI
Measurement Range	0.0 a 1.0 in/s pk	0.0 a 25.4 mm/s pk
Output	4-20 mA	4-20 mA
Rango de Frecuencia	180 a 60000 cpm	3 a 1000 Hz
Resolución de la **Broadband**	0.005 in/s pk	0.13 mm/s pk
Non-Linearity	± 1%	± 1%
Environmental		
Rango de temperatura	-40 a 185 °F	-40 a 85 °C
Eléctrico		
Voltaje de excitación	15 a 30 VDC	15 a 30 VDC
Resistencia de carga	50 (Vs-15) ohms	50 (Vs-15) ohms
Setting time	<60 sec	<60 sec
Electrical Isolation	$>10^8$ ohms	$>10^8$ ohms
Physical		
Tamaño	7/8 in x 2.48 in	22.2 mm x 63.0 mm
Peso	3.17 oz	90 gm
Mounting thread	¼-28 **female**	No aplica
Sensing element	**Ceramic**	**Ceramic**
Sensing geometry	**Shear**	**Shear**
Housing material	**Stainless steel**	**Stainless steel**
Sealing	**Welded hermetic**	**Welded hermetic**
Conector eléctrico	2-pin MIL-C5015	2-pin MIL-C5015
Posición de la conexión eléctrica	Top	Top
Conexiones eléctricas (Pin A)	4-20 mA Pos	4-20 mA Pos
Conexiones eléctricas (Pin B)	4-20 mA Neg	4-20 mA Neg

4.2.1.2 Sensores De Temperatura. Los sensores de temperatura o RTD's son los que miden la temperatura de los motores y cajas reductoras por medio de una resistencia interna.

Figura 10. Sensor de temperatura (RTD).

4.2.1.3 Variadores De Corriente. Estos variadores de corriente se les configuraron las señales de corriente para ser enviadas al PLC principal en la Figura 11 se muestran los variadores de corriente.

Figura 11. Variadores de Corriente

4.2.1.4 PLC. Los PLC's son empleados para el control del puentegrúa, se denominan remotos y locales, el PLC remoto (Figura 12.) es el que se encuentran físicamente ubicado en la grúa de calcina y el PLC local (Figura 13.) es el que está ubicado en la subestación localizada en el cuarto piso del edificio de Calcinación y Fundición.

4.2.1.5 Función De Los PLC's. El PLC remoto esta ubicado en la grúa, se emplea para llevar las señales al PLC principal. El PLC principal están en la subestación 24 ubicada en el último piso del edificio de Fundición. El PLC remoto ubicado a bordo de cada grúa de calcina agrupa y procesa señales digitales, análogas y de conteo cableadas del Gancho, **Trolley** y Puente para enviarlas al PLC principal para ejecutar el control manual, semiautomático y/o automático de los movimientos del Gancho, **Trolley** y Puente. El PLC principal almacena las los datos de corriente, vibración y temperatura en espacios de tablas predeterminados para que la interfaz de PI las lea.

4.2.1.6 Fichas Técnicas De Los PLC's. La ficha técnica de cada uno de los PLC (remoto y local) está descrita en la Tabla 9.

Figura 12. PLC remoto a bordo de la grúa CN08

Tabla 9. Ficha técnica del PLC remoto a bordo de la grúa CN08

backplane current	PLC-5/20C: 2.7A
heat dissipation	PLC-5/20C: 54 BTU/hour
enviromental conditions	**Operating temperature: 0 to 60° C**
	Storage Temperature: -40to 85° C
	Relative humidity: 5 to 95% (without condensation)
Shock	**operating duration 30g peak acceleration for 11± 1 ms**
	Non-operating duration 50g peak acceleration for 11± 1 ms
Vibration	1 g @ 10 to 500Hz
	0.012 inches peak-to-peak displacement
time-of-day	**Maximum variations at** 60° C: ±5 **min per month**
Clock/calendar	**typical variations at** 20° C: ± 20 **sec per month**
	Timing accuracy: 1 **program scan**
Backup cartridge	1785-CHBM **ControlNet Hot Backup Cartridge**
	(required for each processor)
Battery	1770-XYC
memory modules	1785-ME32

	1785-ME64	
	1785-M100	
i/o modules	**Bulletin** 1771 I/O,1794 I/O, 1746 I/O **and** 1791 I/O	
	Including 8-, 16-, 32-**pt, and intelligence modules**	
hardware addressing	2-**slot**	
	Any mix of 8-**pt modules**	
	16-**pt modules must be I/O pairs**	
	No 32-**pt modules**	
	1- **slot**	
	Any mix of 8-**pt or** 16-**pt modules**	
	32-**pt modules must be I/O pairs**	
	1/2-**slot-anymix of** 8-, 16-, **or** 32-**pt modules**	
Comunication	**Serial**	
	DH+	
	DH **using** 1785-KA	
	Remote I/O	
	ControlNet	
Location	1771-A1B, -A2B, -A3B, -A3B1, -A4B **chassis; left-most slot**	
Weight	PLC-5/20C: 3 lbs, 3 oz (1.45 Kg)	
Keying	**between** 40 **and** 42	
	between 54 **and** 56	
Enviromental		
Rango de temperatura	-40 **to** 185 °F	-40 a 85 °C
Electric		
Voltaje de excitación	15 a 30 VDC	
resistencia de carga	50 (Vs-15) ohms	
Setting time	<60 sec	
electrical isolation	>10 8 ohms	
Physical		
Tamaño	7/8 in x 2.48 in	22.2 mm x 63 mm
Peso	3.17 oz	90gm
mounting thread	1/4-28 **female**	no aplica
sensing element	**Ceramic**	
sensing geometry	**Shear**	
housing material	**Stainless steel**	
Sealing	**welded hermetic**	
conector electrico	2- pin MIL-C5015	
posición de la conexión eléctrica	**Top**	
conexión eléctrica (pin A)	4-20 mA pos	
conexión eléctrica (pin B)	4-20 mA Neg	

Figura 13. PLC principal

Ubicación: subestación eléctrica 24.

4.2.2 Descripción De La Red De Proceso e interfaces de PI. La red de procesos de CMSA es una **Data high plus** (DH+, Cable Twin Axial Belden 129463 28AWG 1 par) y la interface de PI (PI-OPC) contienen tarjetas de conexión para la rede de procesos, 1784-KTX. Esta interfaz se conecta a través de tarjetas de red (3Com o Ethernet) a 100 mbps hacia el servido de PI para enviar la información y almacenarla en dicha unidad.

4.2.3 La Fuente

4.2.3.1 Funcionalidad De La Fuente. La fuente es empleada para alimentar cada uno se los sensores de vibración instalados en las grúas de calcina. Ésta fuente se encuentra en la caja donde está ubicado el PLC remoto. Si la fuente es apagada los sensores no envían ninguna señal al PLC.

4.2.3.2 Ficha Técnica De La Fuente. En esta sección se muestra la Fuente empleada para es te sistema (Figura 14.) y su ficha técnica (Tabla 10.)

Figura 14. Fuente.

Tabla 10Ficha técnica de la Fuente.

Entrada	
Tensión de entrada nominal	100-240 V AC sin conmutación
	130-370 V DC sin conmutación
Margen de tensión de entrada	90-264 V AC sin conmutación
	110-370 V DC sin conmutación
	(100-370 V DC para temperaturas > 0 °C)
Margen tensión entrada corta duración (1 min.)	85-285 V AC / 110-400 V DC
Frecuencia	47 - 63 Hz
Corriente de cierre para 25 °C	< 15 A
Abs. de corriente para tensión nominal entrada	< 0.7 A
Fusible de entrada, soldado internamente	4AT /250 V
Factor de potencia	> 0.95
Puenteando de falla de red. para U_E= 110 /230 V AC	> 100 ms
Protección contra sobretensiones	Varistor
Salida	
Tensión nominal / corriente nominal	24 mV DC / 5 A
Tolerancia	± 1 %
Margen de ajuste	22.5 - 28.5 V DC
Retardo en el arranque carga resistiva / carga capacitaba	< 100 ms
conexión al aplicar la tensión en la red (120 /230 V)	< 2 s / 1 s
Arranque de cargas capacitabas	Sin limitación
Indicación funcional	LED
Posibilidad de conexión en paralelo	si, para la construcción de instalaciones redundantes y para aumento de potencia
Limitación de corriente	Ver Fig.
Error repetido para:	
Cambio de carga estático 10 – 90 %	< 1 %
Cambio de carga dinámico 10 - 90 %	< 2 %
Tiempo de ascenso desde U_{out}= (10-90%)	< 30 ms
Ondulación residual/ puntas de conexión	

Marcha en vacío	200 mVss (typ. 20 mVss
Carga nominal	200 mVss (typ. 20 mVss
Disipación Máxima	
Marcha en vacío	aprox. 3 W
Carga nominal	aprox. 20 W
Datos climáticos	
Temperatura ambiente servicio	-25 °C hasta +60 °C
Almacenamiento	-40 °C hasta +85 °C
Humedad	100% para 25 °C (el aparato también funciona en estado cubierto de rocío)
Vibración según IEC 68-2-6	10 Hz - 150 Hz, 0.15 mm o 2 g
Choque según IEC 68-2-27	30 g para 18 ms en 3 direcciones
Grado de suciedad según En 50 178	2
Datos generales	
Tensión de aislamiento: Entrada / salida	3 kV (ensayo individual
	5 kV (homologación)
Seguridad eléctrica, homologaciones	60950, VDE 0805
	UL 19050, CSA 22.2 No. 950
	VDE 0160, EN 50178
	UL 508C, CSA No. 14-M-91
	Germanischer Lloyd (GL)
	UL recognition, Class I, Div 2
	Grupos A, B, C y D
Aprobación	NEC class 2 (2.5 A módulo)
Separación segura	DIN VDE 0100-410 DIN VDE 0106-1010
Posición para el montaje	sobre perfil soporte horizontal NS 35/7.5 o NS 35/15 según EN 50 045
Montaje	Alineable separación vertical >= 10 cm horizontal sin separación
Tipo de conexión	borne de conexión frontal
Tipo de protección	IP 20
Clase de protección	I, con conexión EP
MTBF (Mean Time Between Failure)	> 500 000 h según SN29500
Rendimiento η	> 85 %
Peso	1 kg
Dimensiones	125 x 134 x 138
Limitación ondas de corriente armónica según EN 61000-3-2	Si

5. ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN

Esta sesión muestra el detalle técnico de la arquitectura, dentro del modelo OSI y los protocolos utilizados actualmente

5.1 CAPAS DEL MODELO OSI

Las siguientes capas del modelos OSI son transparente para la aplicación que se ha desarrollado, Para que dos computadoras se comuniquen es necesario que muchos elementos intervengan en el esquema de intercambio de datos.

Para poder comprender este proceso el modelo OSI se dividió en capas (una capa realiza una función específica). Cada una de estas capas especifica las reglas y procedimientos que hay que seguir para que la comunicación con procesos similares en otros sistemas se de.

Funciones de las capas

Capa 7. Aplicación: procesos de red a aplicaciones

Capa 6. Presentación: Representación de datos

Capa 5. Sesión: comunicación entre hosts

Capa 4. Transporte: conexiones de extremo a extremo

Capa 3. Red: direccionamiento y mejor ruta

Capa 2. Enlace de datos: acceso a los medios

Capa 1. Física: transmisión binaria

De esta manera un proceso que se ejecuta en una computadora se puede comunicar con un proceso similar en otra, si tienen los mismos protocolos (reglas) de comunicaciones de capas OSI.

Cada capa del modelo OSI tiene un conjunto de funciones que se deben de realizar para que los paquetes de datos puedan viajar desde su origen hasta su destino.

En esta sesión se hará una ubicación de lo que se realizó en este proyecto dentro del modelo OSI.

Aplicación, Presentación y Sesión: estas capas se encargan del establecimiento de sesiones de comunicación entre aplicaciones, también se encarga del formateo, cifrado, compresión de datos, y de suministrar los datos a las aplicaciones en forma correcta

Transporte Red, Enlace de datos, Física: estas capas se encargan de la transmisión de datos (segmentación, empaquetamiento, enrutamiento, verificación y transmisión por los medios físicos) y no es importante, para estas capas, el tipo de datos que se transmiten ni la aplicación que los envía o recibe.

Capa 7: Aplicación: Es la capa más cercana al usuario, proporciona al usuario los procesos adecuados para que ejecute los comandos de las aplicaciones a correr. Esta capa no da ningún servicio a otra capa. En esta capa encontramos las aplicaciones de: El Sistema de Envío de correos, el sistema de mantenimiento predictivo PI y el sistema de información PI y la interfaz PI-OPC y el sistema de correo electrónico.

Capa 6: Presentación: Aísla a las capas inferiores del formato de la capa de aplicación, cambiando los formatos de la capa de aplicación (ASCII, EBCDIC y otros.) a formato común de red. (Proporciona servicios a la capa de aplicación). Esta capa garantiza que la información que envía a esta capa de aplicación sea entendida por la capa de aplicación de otro sistema.

El objetivo de la capa de presentación sería encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de: caracteres (ASCII, unicode, EBCDIC), números (little-endian tipo intel, big-endian tipo motorola), sonido o imágenes; los datos lleguen de manera reconocible.

Para conseguir este objetivo se describió una posible notación de sintaxis abstracta (ASN.1), que en realidad se utiliza internamente en los MIB de SNMP (protocolo de gestión de red, para supervisar equipos de comunicaciones a distancia).

Esta capa es la primera en trabajar más el contenido de la comunicación que cómo se establece la misma. En ella se tratan aspectos tales como la semántica y la sintaxis de los datos transmitidos, ya que distintas computadoras pueden tener diferentes forma de manejarlas.

Son ejemplos claros datos transmitidos en ASCII a un receptor que utiliza EBCDIC, como en el caso de los mainframes de IBM, o la utilización de diferentes normas de punto flotante o aritméticas de complemento para representar los enteros.

Por lo tanto, podemos resumir definiendo a esta capa como la encargada de manejar las estructuras de datos abstractas y realizar las conversiones de representación de datos necesarias para la correcta interpretación de los mismos. Precisamente de esto es lo que se encarga la capa de presentación, recibe bits y bytes de las aplicaciones y las formatea de modo que sean octetos entendibles en una red. Recibe un mensaje con octetos de una red y los decodifica para que se conviertan en bits y byets de una aplicación.

Capa 5: Sesión: Proporciona sus servicios a la capa de presentación. Facilita el medio necesario para que las entidades de presentación organicen y sincronicen su diálogo e intercambien sus datos. Administra y finaliza sesiones entre dos servidores.
Esta capa ofrece varios servicios que son cruciales para la comunicación, como ser:

Control de la sesión a establecer entre el emisor y el receptor, quién transmite, quién escucha y el seguimiento de esto, en este caso son, las comunicaciones entre el servidor PI, y los nodos que se encuentran en la red, al igual que del servidor de CMSA.

Controla la concurrencia (que dos comunicaciones a la misma operación crítica no se efectúen al mismo tiempo).

Mantiene puntos de verificación (checkpoints), que sirven para que ante una interrupción de transmisión por cualquier causa, la misma se pueda reanudar desde el último punto de verificación en vez de repetirla toda.

Por lo tanto, el servicio provisto por esta capa es la capacidad de asegurar que, dada una sesión establecida entre dos máquinas, la misma se pueda efectuar para las operaciones definidas de principio a fin, reanudándolas en caso de interrupción.

Capa 4: Transporte: Proporciona sus servicios a la capa de Sesión. Segmenta los datos del servidor emisor y los reemsambla en el servidor destino. Para asegurar la confiabilidad del transporte de datos, utiliza dispositivos de detección y recuperación de errores de transporte

Capa 3: Red: En esta capa trabajan los routers. Proporciona servicios a la capa de transporte. Divide los mensajes de la capa de transporte en unidades más complejas (paquetes) y los ensambla al final. Es la responsable de las funciones de conmutación y encaminamiento de la información, para esto conoce la topología de la red, para determinar la mejor ruta

El cometido de la capa de red es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aún cuando ambos no estén conectados directamente. Es decir que se encarga de encontrar un camino manteniendo una tabla de enrutamiento y atravesando los equipos que sea necesario, para hacer llegar los datos al destino. Los equipos encargados de realizar este encaminamiento se denominan encaminadotes o routers y, en ocasiones llamados enrutadores.

Adicionalmente la capa de red debe gestionar la congestión de red, que es el fenómeno que se produce cuando una saturación de un nodo tira abajo toda la red (similar a un atasco en un cruce importante en una ciudad). En este proyecto es tambien transparente para el desarrollo de la aplicación, pero se ve reflejado en la integración de las diferentes redes (La red de procesos DH+, Red PI y la red de CMSA). La red de Procesos envía las señales a la Interfaz PI-OPC, esta envía los datos al servidor PI a través de la red PI y llegan al equipo del usuario final a través de la red CMSA.

Las capas tres y cuatro manejan lo que comunmente conocemos como "Networking" o manejo de red. es aqui donde se definen las rutas, destinos y caminos de llegada de un punto a otro de la red.

Esto es comunmente lo que manejan las capas de TCP/IP. Todo lo referente a los ROUTERS, BRIDGES IP ADDRESS, IP MASK, ETC pertenece a este nivel.

Ejemplos: IP, IPX.

Capa 2: Enlace de datos: Proporciona sus servicios a la capa de Red. Agrega una secuencia de bits al principio y al final del flujo inicial de bits de los paquetes, bajo un formato llamado trama. Sincroniza el envío de las tramas libre de errores. Para lograr esto se añaden bits de paridad, se utilizan los CRC (códigos cíclicos redundantes) y envíos de acuse de recibos positivos y negativos.

A partir de cualquier medio de transmisión debe ser capaz de proporcionar una transmisión sin errores. Debe crear y reconocer los límites de las tramas, así como resolver los problemas derivados del deterioro, pérdida o duplicidad de las tramas. También debe incluir algún mecanismo de regulación del tráfico que evite la saturación de un receptor que sea más lento que el emisor. Ejemplos: Ethernet (tarjetas Ethernet y 3com instaladas en los nodos de la red), Token Ring, ATM.

Capa 1: Física: Esta capa transmite bit a bit la información por un canal de comunicación de emisor a receptor. Define las características eléctricas, mecánicas, etc. para activar, mantener el enlace físico entre sistemas finales.

La Capa Física del modelo de referencia OSI es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio (cable conductor, fibra óptica o inalámbrico; características del medio (p.e. tipo de cable o calidad del mismo; tipo de conectores normalizados o en su caso tipo de antena; etc.) como a la forma en la que se transmite la información (codificación de señal, niveles de tensión/corriente eléctrica, modulación, tasa binaria, etc.). Se encarga de transformar una trama de datos proveniente del nivel de enlace en una señal adecuada al medio físico utilizado en la transmisión. Estos impulsos pueden ser eléctricos (transmisión por cable); o electromagnéticos. Estos últimos, dependiendo de la frecuencia /longitud de onda de la señal pueden ser ópticos, de micro-ondas o de radio. Cuando actúa en modo

recepción el trabajo es inverso; se encarga de transformar la señal transmitida en tramas de datos binarios que serán entregados al nivel de enlace.

Sus principales funciones se pueden resumir como:

Esta capa se encarga de:

Definir el medio o medios físicos por los que va a viajar la comunicación: cable de pares trenzados (o no, como en RS232/EIA232), coaxial, guías de onda, aire, fibra óptica. Además las características materiales (componentes y conectores mecánicos) y eléctricas (niveles de tensión) que se van a usar en la transmisión de los datos por los medios físicos.

Definir las características funcionales de la interfaz (establecimiento, antenimiento y liberación del enlace físico). Transmitir el flujo de bits a través del medio. Manejar las señales eléctricas/electromagnéticas especificar cables, conectores y componentes de interfaz con el medio de transmisión, polos en un enchufe, etc.

Garantizar la conexión (aunque no la fiabilidad de ésta).

En este caso el cableado de la red DH+ (fibra óptica), la red PI y CMSA (par trenzado)

6. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se conoció y estudió el sistema PI acerca de sus herramientas de usuario final y la forma de configurar los diferentes tipos de puntos.

Se investigó y consulto acerca del sistema de beeper instalado en Cerro Matoso S.A.

Se observó y se entendió el funcionamiento y la importancia del puente-grúa de calcina CN08.

Revisión y seguimiento en campo de la instalación de la instrumentación (sensores de vibración y RTD’s en motores y cajas reductoras).

Configuración de los diferentes puntos de PI (Alarma, grupos y puntos clásicos).

Se desarrolló la configuración de la interfaz visual en la herramienta de usuario final de PI.

Desarrollo de la aplicación de envío de mensajes de beeper.

Desarrollo del documento de tesis.

7. ETAPA DE DISEÑO

Para apoyar el proceso de mantenimiento de las grúas de calcina se instaló instrumentación que pueden dar información acerca la vibración y temperatura de los equipos de las grúas. Se están haciendo seguimiento de los motores y cajas reductoras del Gancho, Puente y del **Trolley**. Para tal fin se instalaron sensores en dichas partes así:

- El *Puente* posee cuatro motores y cuatro cajas reductoras, se instaló un sensor de vibración por cada motor y cada caja reductora, para un total de ocho (8) sensores, además, a cada reductor se le colocó una termocupla, para un total de cuatro (4).

- A cada uno de los dos (2) motores del *Gancho* se les instaló un sensor de vibración. Y se instaló dos sensores a cada caja reductora uno a la señal alta y otro para la señal del eje de baja y dos termocuplas, una en cada caja reductora.

- Para el motor del ***Trolley*** y su caja reductora se les instaló un sensor de vibración a cada uno y una termocupla en la caja reductora.

- Y se toma los datos de corriente de los motores del Gancho, ***Trolley*** y uno de los motores del Puente. Estas señales de corriente se toman a través de los variadores de corriente.

Esto es un total de dieciséis (16) sensores de vibración, siete (7) RTD's y cuatro señales de corriente.

Se definieron 3 estados para la vibración, para la temperatura y corriente, representados en tres colores; verde, amarillo y rojo.

Cuando cualquiera de los equipos mencionado anteriormente, motores o cajas reductoras, pasen a un estado diferente al verde el sistema debe estar en capacidad de notificar esta anomalía por

medio de un mensaje de beeper y de un correo electrónico en el cual debe identificar que equipo está fallando y en que estado se encuentra.

7.1 ACERCA DE LA HERRAMIENTA PI

7.1.1 Qué es PI. En 1980 J. Patrick Kennedy y Richard Sara fundaron OSIsoft y comenzaron desarrollando un producto de software que transformaría la recopilación, el almacenamiento y la distribución de datos detallados de procesos complejos. Esa tecnología se desarrolló en el Sistema PI, un sistema de software comprensivo para la administración de la información en tiempo real y el monitoreo de operaciones manuales.

Empresas alrededor de 80 países utilizan más de 6000 sistemas PI para adquirir, analizar y grabar una gran cantidad de datos de los procesos. Los sistemas PI se encuentran en plantas de energía, laboratorios químicos, empresas de papel, plantas de producción de alimentos y drogas, industrias de minería y materiales, de herramientas de monitoreo de redes e incluso en el equipo de barcos de Amercias nueva Zelanda. Cualquiera que sea la aplicación o el tamaño, todos los sistemas PI proveen la misma dedicación a la exactitud, funcionalidad y disponibilidad.

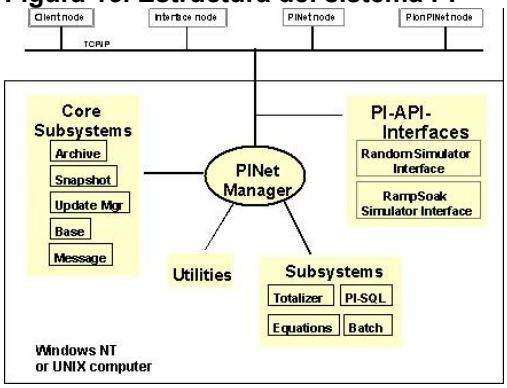
Las oficinas principales de OSIsoft corporate están ubicadas en San Leandro, California. Oficinas regionales adicionales se encuentran en Cleveland, Houston, Seattle, Savannah, Gerogia, Philadelphia, Phoenix y Johnson City. Algunas adicionales en Canadá, Alemania, Australia, Nueva Zelandia, Brasil y Singapur proveen servicios personales a clientes fuera de Estados Unidos.

PI systems es un sistema cliente / servidor diseñado para recolección automática, almacenamiento historico de datos por largos períodos de tiempo y presentación de datos del proceso de planta.

Cuenta con herramientas que permiten el monitoreo y análisis de la **data** en tiempo real. Está conformado por:

Servidor PI: comprende una serie de programas y servicios que manejan, administran y presentan la **data**. Entre otros, se tiene el proceso ***Data Archive***, quien maneja la escritura y lectura de los **Archives** (archivos de data histórica); el ***Network Manager***, que administra y valida las conexiones de los clientes e interfaces; el ***Performance Equations***, que permite hacer cálculos, evaluar ecuaciones y almacenar los resultados en los **archives**. En la siguiente figura (Figura 15.) veremos la estructura del sistema PI.

Figura 15. Estructura del sistema PI



Aplicaciones clientes: en éste grupo se encuentran los visualizadores de **data** propios del PI así como los programas que permiten la extracción de **data** del PI para posterior procesamiento, como ProcessBook (Figura 16), Datalink, AlarmVierw, BatchView, ActiveView, etc.

Interfaces: son programas que permiten la conexión a sistemas o dispositivos externos para extraer la **data** y transferirla al PI. Existen mas de 150 programas interfaces a diversos sistemas y soportan los protocolos estándares del mercado.

PI puede ser ejecutado en ambientes Microsoft (Windows NT 3.1 o superiores), lo cual le permite crear aplicaciones con lenguajes de programación que incluyan controladores ActiveX, estos pueden ser Visual Basic y/o C++, PI también puede ser ejecutado en plataformas como UNIX HP-UX 10.10. o 10.20.

Figura 16. Herramienta de usuario PI-processBook.exe

7.1.2 Qué son los tags de PI y cómo se configuran. Los tags son los puntos de PI que almacenan la información del proceso, estos son de diferentes tipos, los cuales se clasifican así:

- Classic
- Alarm
- Base
- Totalizer
- Classicpe
- SQC_Alarm

La configuración de estos puntos son muy similares. La siguiente sección habla sobre como configurar los puntos clásicos, bases y los de alarma.

PI cuenta con herramientas que ayudan a configurar las diferentes clases de puntos.

7.1.2.1 Los tags alarma y su configuración. El módulo de Alarmas PI es una característica estándar del PI para Windows NT o UNIX que proporciona la capacidad de tener alarmas para puntos PI. El paquete de alarmas incluye las siguientes características:

- Estados de Alarmas de valores actuales y archivados.
- Grupos de alarmas para organizar y manejar alarmas.

- Un programa de detección de alarmas simple para monitoreo de puntos numéricos, digitales y cadenas.

- Funcionalidad de cliente de alarmas disponible a través del PI-API para alertar a los operadores al seleccionar las alarmas.

7.1.2.1.1 Tags Alarma. Un punto de alarmas es un punto digital que indica el estatus de alarmas de un punto en el Sistema PI. El módulo de Alarmas PI puede monitorear los valores de otros puntos y establecer los valores de puntos de alarmas cuando exceden los límites definidos. Los valores numéricos excediendo los límites o cambios de valores digitales a estados especiales son dos de tales límites.

7.1.2.1.2 Configuración De Los Tags De Alarma De PI. Esta versión del módulo de Alarmas de PI proporciona las funciones básicas del lado servidor de un sistema de alarmas. El paquete de alarmas está organizado en dos categorías.

- La primera parte es el *alarm point*. Las alarmas son visualizadas y archivadas como puntos digitales. Un programa de monitoreo observa las actualizaciones a puntos numéricos, digitales y cadenas y entonces chequea para cada condición de alarma configurada.

- La segunda parte en el *alarm group*. Un conjunto de puntos de alarma pueden ser organizados en puntos de alarmas. Pueden obtenerse estadísticas como el número de puntos de la alarma y el número de alarmas reconocidas para cada grupo de la alarma. Los grupos pueden ser miembros de otros grupos para formar jerarquías de alarmas.

7.1.2.1.2.1 Atributos De La Configuración De Puntos De Alarmas. La siguiente tabla nos describe los atributos para la configuración de los puntos de alarma del sistema PI.

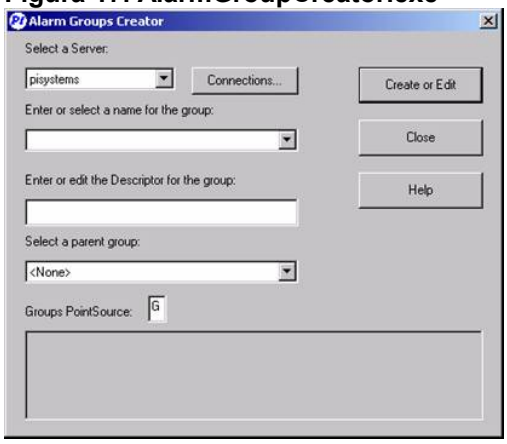
Tabla 11. Atributos de configuración de puntos de alarma PI

Atributos del punto	Opciones validas	Descripción

Atributos del punto	Opciones validas	Descripción
SourceTag		Punto fuente para la prueba de alarmas
Test1 Test2 Test3 Test4	GT	Alarma si el valor es mayor que el valor numérico
	LT	Alarma si el valor es menor que el valor numérico
	EQ	Alarma si el valor es igual que el valor numérico, estado digital o cadena
	NE	Alarma si el valor no es igual que el valor numérico, estado digital o cadena
	StepGT	Alarma si el paso del valor aumenta mas que el valor numérico
	StepLT	Alarma si el paso del valor disminuye mas que el valor numérico
	RateGT	Alarma si la rata de cambio es mayor que el valor numérico.
	RateLT	Alarma si la rata de cambio es menor que el valor numérico.
	Is_in	Alarma si el valor está en el estado digital o cadena
	Not_In	Alarma si el valor no está en el estado digital o cadena
	Includes	Alarma si el valor está incluido en el estado digital o cadena
	Change	Alarma si el valor de punto cambia
	CondEQ	Alarma si la condición es igual a la cadena
	CondNE	Alarma si la condición no es igual a la cadena
	IsUnAck	Alarma si no es reconocido
Action1 Action2 Action3 Action4	Condition nn	Nombre de la condición de alarma nn = prioridad (va del 0 al 4)
	StateName	Nombre validado en el conjunto de estado digital
ExDesc	GroupTag	Grupo de alarma de un punto de alarma
DigitalSet		Nombre del conjunto estado digital de alarma para el punto
ReferenceTag	Tagname	Punto que será usado para operadores de comparación si es especificado
AutoAck	Yes (default)	Cualquier alarma mostrada como reconocida
	No	Total operación de reconocimiento soportada
DeadBand	0.0 (default)	Umbral para que el punto no esté en alarma
Options	RT = num	Usado con el RateGT y RateLT para definir el período de la rata.
ControlTag		Reservado para uso futuro.
ControlAlg		Reservado para uso futuro.

7.1.2.1.2.2 Configuración De Los Grupos De Alarmas. Para la configuración de estos grupos, PI cuenta con una herramienta para la creación de los mismos, este software de usuario final es el "PI-AlarmGroup.exe", para esta configuración solo es necesario escribir el nombre del punto y la descripción de éste (opcional). Estos puntos se deben configurar en la fuente de punto G. La fuente de puntos G es la que el servidor reconoce como la fuente de puntos de grupos de alarma de PI.

Figura 17. AlarmGroupCreator.exe



7.1.2.2 Los **Tags** Clásicos Y Su Configuración. En el siguiente segmento se describirá que son los **tags** clásicos y cual es la forma mas sencilla de configurarlos.

7.1.2.2.1 Que Son Los **Tags** Clásicos. Los **tags** clásicos son aquellos que se emplean para leer la información del PLC, estos pueden ser enteros, números de coma flotante, digitales o cadenas de caracteres.

7.1.2.2.2 Como se configuran los puntos clásicos. Para la configuración de los puntos clásicos de PI hay que tener en cuenta que tipo de interfaz se va a emplear, en este caso se empleó una interfaz PI-OPC. Para la configuración de estos puntos PI cuenta con una herramienta para la configuración de estos puntos llamado “PI-PointBuileder.exe”. El único atributo que depende de la interfaz es el exdesc, los demás atributos no cambian para las diferentes interfaces.

La figura siguiente (Figura 17.) se muestra la presentación de la herramienta PI para la configuración de los puntos.

7.1.3 Características Del PI-ProcessBook. El PI-ProcessBook es un software de usuario final que sirve para visualizar y configurar vistas de los tags para previos estudios y manejo de la información almacenada en el servidor PI. La figura 18 es un ejemplo de visualización de datos (tendencias) a través del PI ProcessBook.

Figura 18. Herramienta para configuración de puntos de PI

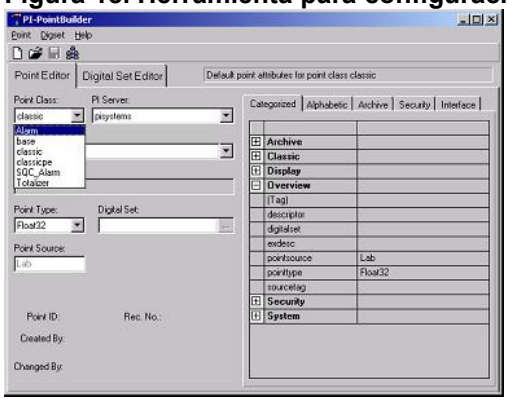
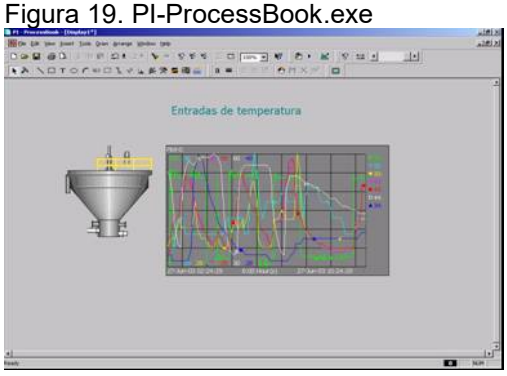
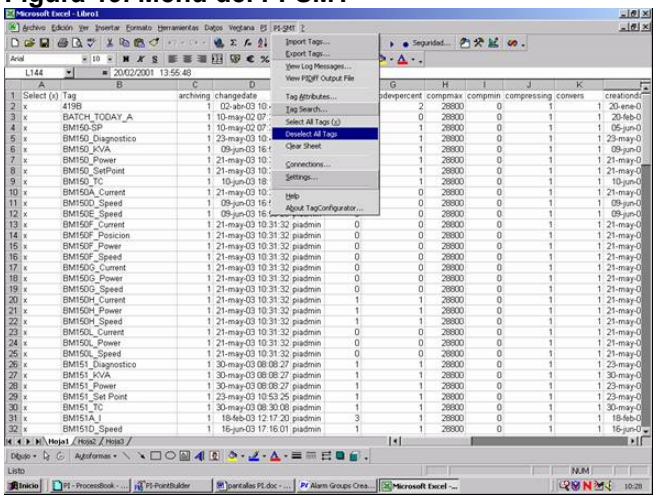


Figura 19. PI-ProcessBook.exe



7.1.4 Funcionalidad Del PI-SMT. El PI-SMT se ejecuta en Microsoft Excel, ésta es una herramienta que sirve para configurar cualquier tipo de punto (grupo, alarma o clásico), además sirve para configurar estados digitales que se utilizan como estados en los puntos de tipo digital de PI. Esta es una herramienta para administradores del sistema PI, ya que cuenta con muchas utilidades más. La figura 19 es una vista de configuración de puntos por medio del PI-SMT.

Figura 19. Menú del PI-SMT



7.1.5 Descripción De La Interfaz PI-OPC El sistema de PI cuenta con mas de 150 interfaces para interactuar con las diferentes redes de proceso. La interfaz empleada (OPC) necesita tener configuración inicial en los archivos .ini y .bat. En el archivo .bat se configuran los tiempos de scan, que determinan el periodo con el cual van a ser actualizados los puntos leídos por dicha interfaz de PI y la fuente de punto a la cual estará alimentando.

7.2 FUNCIONALIDAD DE NOVELL GROUPWISE

Novel GroupWise es el servidor de correos instalado en CMSA, a este sistema de correos se le implementó la capacidad de enviar mensajes a los beepers que pertenecen a la empresa.

7.3 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Para que este sistema de mantenimiento funcione correctamente es necesario:

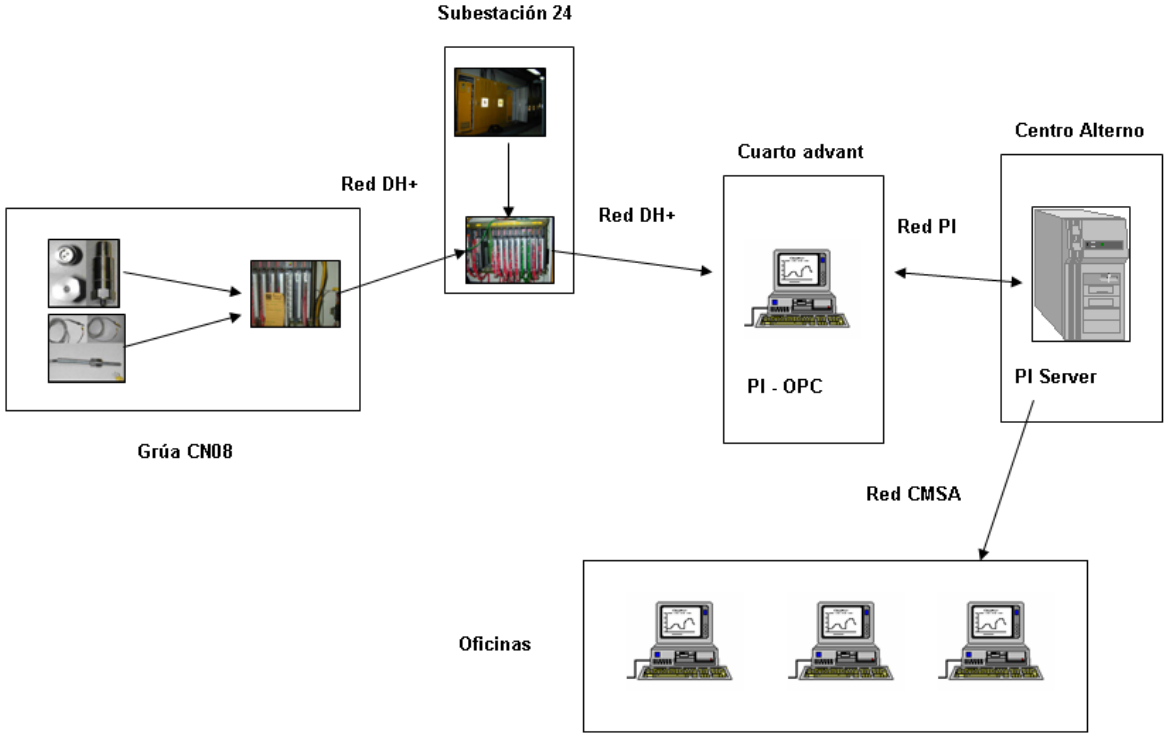
- Tener un computador en el cual se pueda ejecutar el archivo “Beeper.pib”, se debe tener en cuenta que este computador no debe ser apagado ya que esta monitoreando constante mente las señales emitidas por el puente grúa.

- Tener licencias e instalado el PI-ProcessBook en el equipo en el que se vaya a ejecutar “Beeper.pib”.

- Tener un usuario de correos Novell en el computador en el cual se va a ejecutar “Beeper.PIB”.

7.4 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA PREDICTIVO PI

Figura 20. Diagrama del Sistema Predictivo PI.



La siguiente figura (figura 21), muestra los casos de uso para este sistema especificando cuales son los usuarios del mismo.

Las tablas de esta sesión (Tablas 12 y 13) describen como ocurren los eventos.

Figura 21. Diagrama de casos de uso

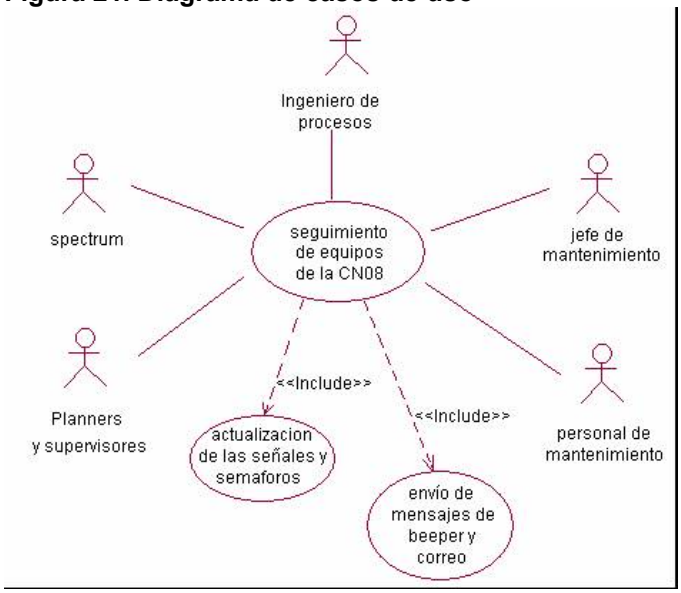


Tabla 12. Descripción del caso de uso

Caso de Uso	Seguimiento de equipos de la CN08
Actores	Planners, Supervisores, Personal de mantenimiento, Jefe de mantenimiento, Ingeniero de procesos, Personal de Spectrum.
Propósito	Revisar el estado de la grúa CN08
Resumen	Los actores llegan a sus computadores y verifican las tendencias de vibración, temperatura y corriente enviados por los motores y cajas reductoras del Puente Grúa CN08. Los usuarios reciben mensajes de correo o de beeper si estas señales sobrepasan limites establecidos como fuera de control.
Tipo	Primario y esencial

Tabla 13. Secuencia del caso de uso

1. El caso de uso comienza cuando las señales emitidas por la grúa de calcina comienza a enviar señales de vibración, corriente y temperatura mayor a la establecida como normal.	2. el sistema se conecta a un usuario de correo de Novell GroupWise, y envía mensajes de beeper a los usuarios del sistema acompañado de un mensaje de correo para ellos.
3.El usuario lee el mensaje de beeper y se dirige a su computador personal.	
4.El usuario verifica cual ha sido el comportamiento del equipo abriendo la pantalla configurada en el PI-ProcessBook	5. El programa abre la presentación inicial en la cual muestra por medio de semáforos donde se encuentra el equipo que esta fuera de control
6.El usuario navega a través de la aplicación, de ventana en ventana hasta llegar al elemento que esta fallando	7. La ventana despliega la tendencia en un rango de cuatro horas atrás hasta la hora actual de los elementos que están siendo seguidos
8. se toma acciones correctivas si es el caso, para corregir el problema y evitar una parada de proceso con consecuencias mayores.	

7.6 DIAGRAMA DE SECUENCIA

Figura 22. Diagrama de secuencias de notificación de correo y mensaje de beeper

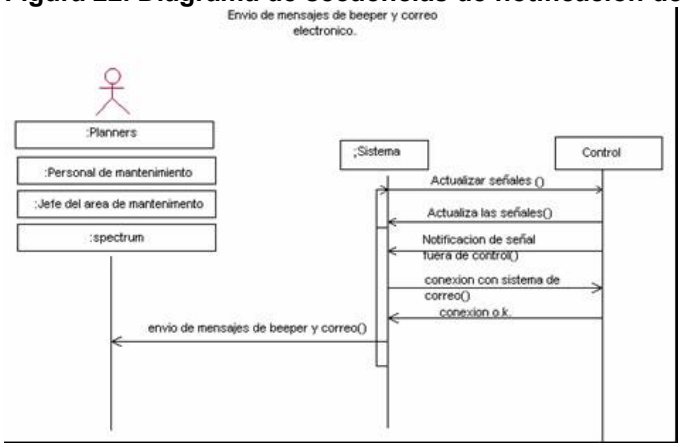
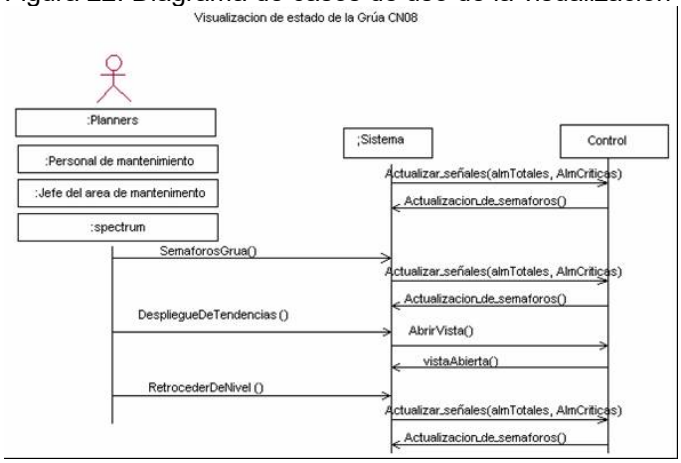


Figura 22. Diagrama de casos de uso de la visualización de los estados de la grúa.



8. ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN

8.1 DESARROLLO EN PI-PROCESSBOOK

En PI-ProcessBook se desarrollaron dos archivos, la interfaz visual llamada “PredictivoPI.PDI” y el archivo que envía los mensajes de beeper, este archivo fue llamado “Beeper.PIB”.

Para estos archivos se emplearon los objetos del PI-ProcessBook como lo son ***Trend*****,** para visualizar las tendencias de la vibración, temperatura y corriente de los motores de la grúa. Se emplearon objetos como *elipse* para crear el grafico de los semáforos y los objetos de **V*alue*** son empleados para ver el valor actual de los **tags** de alarma de beeper y el valor actual de los grupos definidos para este proyecto.

8.2 DESARROLLO DE LOS MÓDULOS

8.2.1 Envío De Mensajes De Beeper Y Correos.

```
Sub test(dir As String, equipo As String, estado As String)
'declaración de variables de GroupWise
Dim gwMessage As GroupwareTypeLibrary.mesage2
Dim gWAccount As GroupwareTypeLibrary.Account2
```

```
Dim GWapp As GroupwareTypeLibrary.Application
'abre una sesión de GroupWise
Set GWapp = CreateObject("NovellGroupWareSession") 'login a GroupWere
'utiliza el una sesión de usuario abierta para enviar el mensaje
Set gWAccount = GWapp.Login()
' creación del mensaje que se va a enviar
Set gwMessage = gWAccount.MailBox.Messages.Add
gwMessage.BodyText = equipo + "esta en alarma" + estado
gwMessage.Subject = "equipo en alarma"
gwMessage.Recipients.Add (dir)
gwMessage.Send ' se envía el mensaje al beeper o al correo,
            ' este depende de la dirección que se le haya entregado
End Sub

Sub AbrirArchivo(equipo As String, estado As String)
Open "Beeper.txt" For Input As #1   ' Abre el archivo de beeper.
Open "Mails.txt" For Input As #2    ' Abre el archivo de correo.
Do While Not EOF(1)    ' Busca el fin del archivo.
   Line Input #1, dir ' Lee la dirección de beeper.
   a = test(dir, equipo, estado)   ' llama la función de envío de mensajes
                           ' Entregando una dirección de beeper.
Loop
Do While Not EOF(2)    ' Busca el fin del archivo.
   Line Input #2, dir ' Lee la direccion de correo.
   a = test(dir, equipo, estado)   ' llama la función de envío de mensajes
                           ' Entregando una direccion de correo.
Loop
Close #1    ' Cierra el archivo de beepers.
```

```
Close #2    ' Cierra el archivo de correos.
End Sub
```

Para los objetos “Value” de PI, se hizo un programa similar para cada uno de ellos, ya que se les asoció un evento llamado *objeto_UpDate()*, donde *objeto* es el nombre de cada objeto “Value”. Por ejemplo: para el sensor de vibración del gancho (VS8000A) su función es VS8000A_UpDate(), y así para cada uno de los demás objetos

```
Sub Objeto_UpDate()
If Objeto.Value = “LOW” or Objeto.Value = ”__Hihi” then
NombreObjeto = Objeto
Estado = Objeto.Value
AbrirArchivo (NombreObjeto, Estado)
End If
End Sub
```

8.2.2 Cambio De Color De Estado De Los Semáforos

```
Public Function verificarCN08()
   Dim TimeOfValue, Status As Variant
   If rojo08.GetValue(TimeOfValue, Status) > 0 Then
      CN08R.FillColor = 255
      CN08A.FillColor = 15269887
      CN08V.FillColor = 15138790
   Else
      If alm08.GetValue(TimeOfValue, Status) > 0 Then
         CN08R.FillColor = 15395583
         CN08A.FillColor = 65535
```

```
            CN08V.FillColor = 15138790
        Else
            CN08R.FillColor = 15395583
            CN08A.FillColor = 15269887
            CN08V.FillColor = 65280
        End If
    End If
End Function
Private Sub AmarilloCN08_DataUpdate()
    verificarCN08
End Sub
Private Sub cn08Bot_Click(ByVal lvarX As Long, ByVal lvarY As Long)
    ThisDisplay.Save
End Sub

Private Sub Display_Open()
    verificarCN08
End Sub

Private Sub Rojo08_DataUpdate()
    verificarCN08
End Sub

Private Sub Display_Open()
            VerificarPunente
            VerificarGancho
            VerificarPuente
End Sub
```

```
Public Function VerificarPunente ()
    Dim TimeOfValue, Status As Variant
    If Projo08.GetValue(TimeOfValue, Status) > 0 Then
        puenteR.FillColor = 255
        puenteA.FillColor = 15269887
        puenteV.FillColor = 15138790
    Else
        If PAmarillo08.GetValue(TimeOfValue, Status) > 0 Then
            puenteR.FillColor = 15395583
            puenteA.FillColor = 65535
            puenteV.FillColor = 15138790
        Else
            puenteR.FillColor = 15395583
            puenteA.FillColor = 15269887
            puenteV.FillColor = 65280
        End If
    End If
End Function

Public Function VerificarGancho ()
    Dim TimeOfValue, Status As Variant
    If Grojo08.GetValue(TimeOfValue, Status) > 0 Then
        ganchoR.FillColor = 255
        ganchoA.FillColor = 15269887
        ganchoV.FillColor = 15138790
    Else
        If PAmarillo08.GetValue(TimeOfValue, Status) > 0 Then
            ganchoR.FillColor = 15395583
```

```
            ganchoA.FillColor = 65535
            ganchoV.FillColor = 15138790
        Else
            ganchoR.FillColor = 15395583
            ganchoA.FillColor = 15269887
            ganchoV.FillColor = 65280
        End If
    End If
End Function

Public Function VerificarTrolley ()
    Dim TimeOfValue, Status As Variant
    If Trojo08.GetValue(TimeOfValue, Status) > 0 Then
        trolleyR.FillColor = 255
        trolleyA.FillColor = 15269887
        trolleyV.FillColor = 15138790
    Else
        If PAmarillo08.GetValue(TimeOfValue, Status) > 0 Then
            trolleyR.FillColor = 15395583
            trolleyA.FillColor = 65535
            trolleyV.FillColor = 15138790
        Else
            trolleyR.FillColor = 15395583
            trolleyA.FillColor = 15269887
            trolleyV.FillColor = 65280
        End If
    End If
End Function
```

8.3 DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES DE LOS PROGRAMAS.

Las siguientes son las funciones para el envío de mensajes de beeper y correo para notificar anomalías en la grúa de calcina.

Objeto_update()[1]: esta función es la que se encarga de verificar algún cambio de estado de los tags de alarma de PI, si este detecta un cambio verifica si es uno de los estados posibles (“.”, “LOW” o ”__Hihi”), para llamar a la función AbrirArchivo(nombretag, estado), enviando los parámetros del nombre del tag que generó la alarma y el estado.

AbrirArchivo(nombretag, estado): esta función recibe dos parámetros el nombre del tag que genera la alarma y el estado del mismo. Esta función es la encargada de abrir los archivos textos en el cual se encuentran las direcciones de correo y de beeper para luego llamar a la función test(nombretag, estado, dir) y enviarle los parámetros de nombre del tag, estado del tag y la dirección de correo o de beeper al cual va dirigida la notificación.

La siguiente son las funciones para actualizar el cambio de color en los semáforos en el archivo de seguimiento de las variables de la grúa de calcina.

VerificarCN08(): esta es la función que actualiza los colores de los semáforos de acuerdo a las prioridades de las alarmas establecidas.

AmarilloCN08_update(): esta función verifica el cambio de estado del objeto “value” que muestra el número de alarmas totales. Cuando detecta un cambio llama a la función verificarCN08().

RojoCN08_update(): verifica el cambio de estado del objeto “value” que posee el numero de alarmas de nivel alto, cuando detecta algún cambio llama a la función verificarCN08().

---

[1] Las funciones se llaman VS8000A_update(), VS8000B_update(), etc hasta VS8000Q_update() y funcionan de igual manera.

ThisDisplay_open(): esta función actualiza los semáforos de la grúa una vez abierto el archivo llamando a la función verificarCN08().

Para la actualización de los semáforos de ***Trolley***, *Gancho* y *Puente* se emplearon las siguientes funciones:

Display_Open(): esta función actualiza los semáforos del gancho, puente y **trolley** llamando las funciones de VerificarGancho(), VerificarTrolley() y VerificarPunente() una vez abierto el archivo.

VerificarGancho(): actualiza el semáforo que representa el estado de las variables de temperatura, corriente y vibración del Gancho.

VerificarPuente(): actualiza el semáforo que representa el estado de las variables de temperatura, corriente y vibración del Puente.

VerificarTrolley(): actualiza el semáforo que representa el estado de las variables de temperatura, corriente y vibración del **Trolley**.

9. CONCLUSIONES

- Se Configuró una presentación fácil de usar y comprender por los diferentes usuarios del sistema, además, se creo un manual de usuario para un mejor entendimiento de la aplicación.

- Se creo un archivo que visualiza las señales emitidas por los motores y los reductores del puentegrúa CN08 lo que quiere decir que esta siendo constantemente sensada por el sistema de información , además, este nuevo sistema envía mensajes de correo y de beeper a los usuarios implicados cuando el sistema comienza a funcionar de forma no adecuada.

- El sistema es capaz de dar señales visuales del comportamiento de los quipos que conforman el puentegrúa, determinando su estado más crítico y cuantos elementos están fallando.

- La integración de la aplicación de envió de mensajes de beeper y correo electrónico a los usuarios del sistema fue posible gracias al editor de Visual Basic incorporado en PI ProcessBook y la API del sistema de correos que se emplea actualmente en CMSA.

10. RECOMENDACIONES

- Hacer visitas periódicas a la grúa para ver el estado de los sensores, especialmente después de las paradas en la grúa.

- Vaciar el buzón de salida del usuario destinado al envío de mensajes de correos y mensajes de beeper, ya que este tiene un espacio que puede ser copado por los mensajes de correo y de beeper. El buzón de salida puede ser limpiado cada mes por el encargado del sistema o cuando este crea conveniente, esto depende de cuantos mensajes envíe el sistema.

- Ejecutar la aplicación “BEEPER.PDI” en el servidor o en un computador que no corra riesgo de ser apagado, como por ejemplo, las interfaces de PI. Se puede ejecutar la aplicación “BEEPER.PDI” en una de las interfaces PI-OPC de cualquiera de las dos líneas de producción[*].

- Cada vez que se caiga la comunicación del servidor PI se debe realizar el procedimiento descrito en el manual de usuarios (5.2.2. Qué hacer en caso de que los tags alarma no funcionen correctamente) para garantizar el buen funcionamiento de los puntos alarmas de PI.

- Cuando se vaya a manipular los sensores, hacerlo con la fuente desenergizada.

[*] Para ejecutar la aplicación BEEPER.PDI se necesita tener instalado el PI-ProcessBook

11. GLOSARIO

Tag: nomenclatura con la que se reconocen los diferentes equipos en CMSA, estos tags cumplen los estándares ISA (Instrument Society of America), ASME (American Society of Mechanical Engineers) y ANSI (American National Standards Institute).

PI Systems: (Plant Information Systems) sistema de información en tiempo real desarrollado por OSIsoft

PLC: (Programable Logic Control) dispositivo con microprocesador que realiza tareas o secuencias previamente programadas por el usuario.

RTD: sensores para medir temperatura

DH+: (Data High Plus) red de proceso

ControlNet: red de proceso

PI-SMT: (PI-Systems Manager Tool) utilitario del sistema PI que sirve para configuración de puntos y otras tareas de administración del servidor PI.

PI-ProcessBook: software de usuario final de PI que sirve para visualizar las tendencias de los diferentes tags en tiempo real.

Value: objeto del sistema PI el cual se puede configurar para mostrar el valor actual de una variable de proceso.

Trend: es el comportamiento de una variable en el tiempo. También es un objeto de PI en el cual se visualiza el comportamiento de una variable de proceso a partir de un tiempo inicial que es definido por el usuario y el momento actual.

PI Systems: (Plant Information Systems) Nombre del sistema de información “Sistema de Información de Planta”.

Archives: archivos de almacenamiento de datos históricos.

Data: datos recolectados por las interfaces de PI que se envían al servidor PI para ser almacenadas en los Archives.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Meltec comunicaciones –CMSA
- www.OSIsoft.com
- manual del administrador de PI, PROYTEK – Venezuela
- www.NovellGroupwise.com