

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica



**“PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN PARA UN MOLINO - HIGH PRESSURE
GRINDING ROLL (HPGR) MODELO 24/ 17-8, USANDO EL LENGUAJE DE
PROGRAMACIÓN POLCID EN PLATAFORMA RSLOGIX Y SCADA EN
FACTORY TALK VIEW ME PARA EL PROYECTO CVPUE 2
(CERRO VERDE 2)”**

INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL
Presentado por el Bachiller:

Reyes Urday, Bryam Reginald
Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electrónico

Asesor: Ing. Urrutia Espinoza, Mario

Arequipa-Perú

2018

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
URB. SAN JOSE SIN - UMACOLLO



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DICTAMEN DE BORRADOR DE TRABAJO INFORME
DE EXPERIENCIA PROFESIONAL**

Los que suscriben:

Ing. César Málaga Chávez

Ing. Mario Urrutia Espinoza

Jurado Dictaminador del Trabajo Informe titulado:

"Proyecto de automatización para un molino High Pressure Grinding Roll (HPGR)
Modelo 24/19-8 usando lenguaje de programación PLCID en plataformas
RSLogic y SCADA en Factory Talk Viewme para el proyecto CVPUEZ (Cerro Verde 2)

Nombrados con Decreto N°: 002-DEPUE-2017, de fecha: 12-06-2017

Presentado por el (la) los Bachiller (es):

1. Royes Urday, Bryam Reginald

2. _____

cumple con emitir su dictamen:

- No registra observaciones, es procedente
- Registra observaciones que deben ser subsanadas, según hoja adjunta

Arequipa, 22 de Julio de 2017

Ing. César Málaga Ch.
Código Nro: 1473

Ing. Mario Urrutia E.
Código Nro.: 1843

ÍNDICE GENERAL

1. Presentación.....	10
2. Objetivos del proyecto.....	13
3. Organización de la empresa.....	14
4. Actividades desarrolladas por la empresa.....	15
5. Descripción del proyecto.....	17
5.1 Descripción del tema.....	17
5.2 Antecedentes.....	18
5.3 Planteamiento del problema.....	20
5.4 Justificación del trabajo.....	20
5.5 Marco teórico.....	21
5.5.1 HIGH PRESSURE GRINDING ROLL (HPGR).....	21
5.5.1.1 Concepto.....	21
5.5.1.2 Partes críticas.....	22
5.5.1.3 Tolva de alimentación.....	23
5.5.1.4 “Tolvin ajustable”.....	24
5.5.1.5 Unidades de cilindro.....	26
5.5.1.6 Sistema hidráulico.....	27
5.5.1.7 Sistema de lubricación.....	28
5.5.1.8 Sistema de refrigeración.....	31
5.5.1.9 Unidad motriz.....	32

5.5.2 Principio de funcionamiento del HPGR o Polycom ...	33
5.5.2.1 Secuencia de arranque.....	34
5.5.2.2 Secuencia de parada.....	36
5.5.2.3 Bucle de control.....	37
6. Desarrollo del proyecto.....	40
6.1 Alcances de la puesta en marcha.....	40
6.2 Diagrama de Funciones TKIS – para CVPUE.....	41
6.3 Diagrama General – Desarrollo de puesta en marcha....	42
6.4 Análisis del tablero de control.....	43
6.5 Pruebas de lazo – Instrumentación local.....	50
6.6 Pruebas de lazo – Variador de frecuencia ABB.....	56
6.7 Elaboración de lógica de control.....	61
6.7.1 G00 – Grupo principal y motores principales.....	61
6.7.2 G01 – Grupo hidráulico.....	73
6.7.3 G02 – Grupo de lubricación reductor.....	85
6.7.4 G03 – Grupo de lubricación o engrase para rodillos...	89
6.7.5 G04 – Grupo de refrigeración por agua.....	93
6.7.6 G05 – Grupo de control de guillotinas.....	95
6.8 Operación HPRG – SCADA.....	97
6.8.1 Vista general Polycom.....	97
6.8.2 Vista Polycom.....	101
6.8.3 Vista sistema hidráulico.....	103
6.8.4 Vista sistema de lubricación.....	105
6.8.5 Vista control PID.....	107

6.8.6	Vista parámetros Polycom.....	111
6.8.7	Vista líneas de tendencia.....	113
6.8.8	Vista guillotinas.....	114
6.9	Envío de Datos a DCS.....	115
7.	Estimación económica Servicio puesta en parcha...	117
8.	Experiencias y Resultados del proyecto.....	119
8.1	Programación - POLCID.....	119
8.2	Operación.....	121
8.3	Control de procesos.....	125
9.	Conclusiones Finales	128
10.	Acrónimos.....	130
11.	Bibliografía.....	131
12.	Anexos.....	131

INTRODUCCIÓN

Como bien sabemos la minería en nuestro país ha crecido de una manera considerable gracias a sus riquezas minerales y este crecimiento es debido a las nuevas inversiones extranjeras para con nuestro país donde una de ellas, además de la más importante para Arequipa, es la expansión de Cerro Verde el cual llevo el nombre de CVPUE y a su vez administrado por la empresa FLUOR quien realizó el diseño de la planta, ejecuto la construcción y puesta en marcha de la planta.

Como toda planta minera de cobre estándar esta conlleva a tener una chancadora primaria, chancadoras secundarias, chancadoras terciarias, molinos y la zona de flotación.

Para nuestro caso nos toca explicar en su totalidad el proceso de puesta en marcha de las chancadoras terciarias pues FLUOR para su diseño incluyo a nuestra firma Thyssenkrupp Industrial Solutions el suministro de 8 chancadoras terciarias. Fue tarea de un equipo de ingenieros de la empresa, en la que me incluyo, el poner en marcha estas 8 chancadoras terciarias con el nombre técnico de "High Grinding Pressure Roll".

Mi rol en este trabajo fue el ocuparme de la parte de automatización, comunicación con el centro de control del cliente, solución de problemas, realizar pruebas de rendimiento, adquisición de datos y pruebas de comportamientos ante cambios que el cliente Cerro Verde pedía hacer.

Resumen

Como se indicó en la introducción nuestro cliente solicitó nuestro servicio para el **proceso de puesta en marcha de 8 HPGR (High Grinding Pressure Roll)**, con el fin de que estas chancadoras cumplan con los ratios de producción requeridos y a su vez propuestos por la empresa.

Para esto se empleó diferentes pasos que se aplican usualmente para toda puesta en marcha de estos HPGR los cuales serán explicados posteriormente en el presente documento.

Así mismo se usó un lenguaje de programación compuesto entre bloques pre-programados por la empresa cuya librería es llamada POLCID y funciones lógicas propias de la plataforma, en este caso el RS-Logix 5000.

Este tipo de máquina, al contar con diferentes grupos/sistemas a nivel de programación, se los trató independientemente para así finalmente integrarlos de acuerdo a una jerarquía.

Como alcances de este proceso de puesta en marcha se tiene la programación de un sistema HMI (SCADA) para el monitoreo y uso de los operarios por parte del cliente – Cerro Verde.

Finalmente se dará a conocer el cumplimiento de los objetivos que se nombraran en este documento además de las experiencias de trabajo y conclusiones que se dieron.

Palabras Claves: Molino HPGR

Summary

As was indicated in the introduction, our client requested our service for the **commissioning of 8 HPGR (High Grinding Pressure Roll)** so these crushers can fulfill with the production ratios that was required and at the same time proposed by the company.

For this, it was followed different steps that are usually applied for all HPGR commissioning, which are going to be explained later on in this document.

A composed program language was used, between pre-programmed blocks made by the Company, which library is called POLCID, and logic functions that belong to the platform RS-Logix 5000.

Because this kind of machine has different groups/systems at a program level it was manage independently and finally make an integration following a hierarchy rule.

As an additional commissioning scope, it includes the HMI (SCADA) program design, so the client-Cerro Verde users can monitor and use.

Finally it will be acknowledge the objectives fulfill that will be indicated in this document, additionally the work experiences and conclusions that were given.

Keywords: Mill HPGR

1. Presentación

➤ Datos personales :

- **Nombre** : Reyes Urday, Bryam Reginald
- **Fecha de nacimiento** : 14.09.1989
- E-mail: br_re_ur@hotmail.com, reyes.bryam@thyssenkrupp.com

➤ Estudios :

- **Colegio nivel primaria y secundaria** : Nuestra Señora del Pilar – Arequipa, Perú
- **Universidad** : Universidad Católica de Santa María – Arequipa, Perú

➤ Capacitación :

- **POLCID Machine Control System**: – Thyssenkrupp Industrial Solution AG – Beckum, Alemania.

➤ Experiencia profesional en Thyssenkrupp:

- **2013 - Southern Perú, Servicio de Puesta en Marcha de un Molino HPGR** :
 - Para este proyecto, trabaje como asistente y apoyo de un ingeniero Senior en programación y control, donde estuvimos encargados de poner en marcha el molino HPGR.
- **2014 – Sierra Gorda Chile, Servicio de puesta en marcha de 4 molinos HPGR** :
 - Después de recibir mi capacitación correspondiente en control y automatización en Alemania mi primer proyecto fue este, donde estuve encargado de esta puesta en marcha de 4

Molinos HPGR y a su vez tuve un periodo de soporte técnico o técnicamente como se le dice “baby-sitting”.

- **2015 – Cementos Pacasmayo Perú - Servicio de puesta en marcha de un Reclaimer y Stacker :**
 - Junto con un equipo conformado por Thyssenkrupp Brasil, Perú, Alemania y España se nos encargó la tarea de integrar la planta nueva de Pacasmayo al sistema POLCID, para este trabajo se me encargo la puesta en marcha de un “Bucket Reclaimer” y un Stacker de materiales primarios que servirían para la elaboración de Cemento.
- **2015 – Cerro Verde 2, Servicio de puesta en marcha de 8 molinos HPGR :**
 - Con un equipo conformado por Thyssenkrupp Alemania, Perú y México, se tenía la tarea de poner en marcha 8 Molinos HPGR y 6 Molinos de Bolas, e integrarlos al sistema de control integrado de la planta (Delta V). Para este proyecto mi trabajo se centró en programar y probar los 8 HPGR en lenguaje POLCID.
- **2016 – Las Bambas, Soporte integral de faja “Overland Conveyor”:**
 - Bajo Solicitud de la minera Las Bambas, deseó tener de soporte técnico por un tiempo para la Overland Conveyor que une la chancadora primaria con molienda. Esta Overland

Conveyor fue diseñada y comisionada por Thyssenkrupp USA. Mi participación fue dar soporte técnico en el área eléctrica, instrumentación y Control.

- **2016/2017 – Shougang Hierros Perú, Servicio de puesta en marcha de una “Down Hill Conveyor “:**
 - Junto con un equipo conformado por Thyssenkrupp USA, Perú, ABB Perú, Svendborg Chile y la empresa TTM ; se procedió a realizar la puesta en marcha de 6 fajas las cuales forman parte de una “Down Hill Conveyor”. Mi participación en este proyecto fue la de liderar, coordinar y supervisar a todo el equipo del área eléctrica con el fin de que las fajas cumplan con las especificaciones dadas por el área de diseño en USA.
- **2017 – Cementera Yamama - Arabia Saudita :**
 - Bajo Solicitud de Thyssenkrupp Alemania se está trabajando en el área de control y automatización para el desarrollo del programa de un Stacker Circular (o “Circular Blending “) el cual será instalada en una planta de cementos en Arabia Saudita.

2. Objetivos del proyecto

Como objetivo general y específicos se tiene:

Objetivo general

- Cumplir con el ratio de producción establecido por contrato, el cual es de 3100 t/h de material seco por *Polycom.

Objetivos específicos

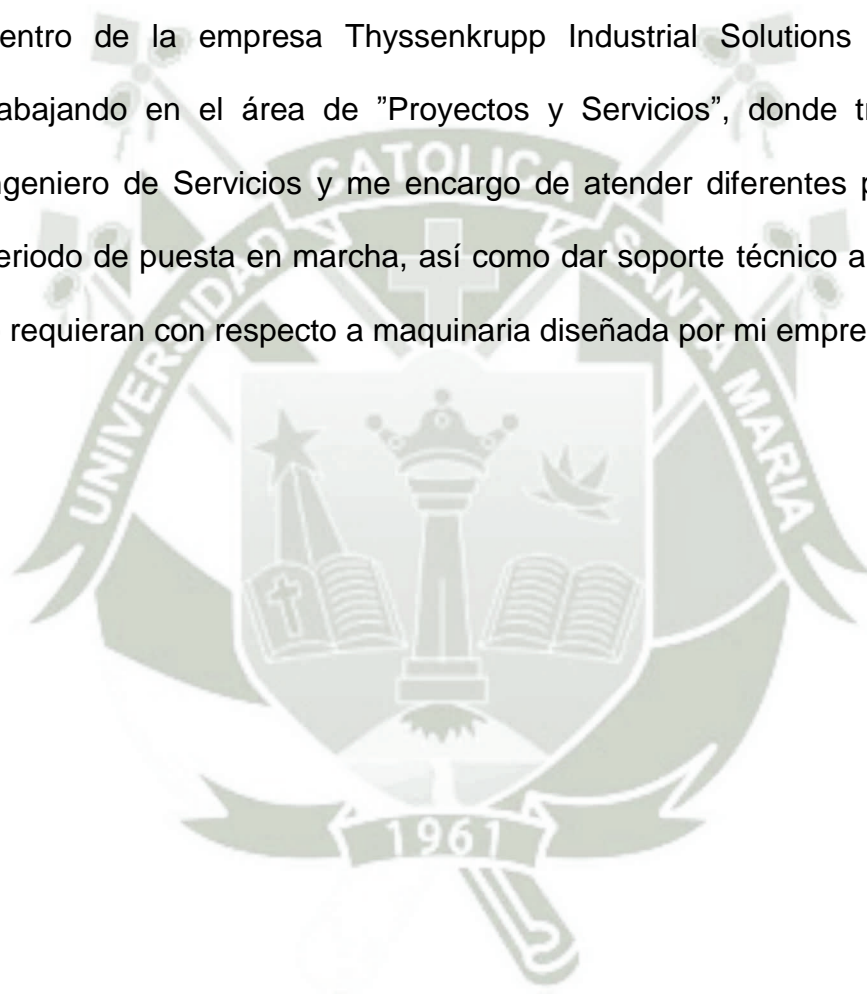
- Que los arranques del *Polycom sean lo más suave, estable y rápido.
- El control de velocidad de rodillos debe ser lo más estable posible y así evitar paradas por sobre carga o no tener material constante a triturar.
- El *Polycom tiene que trabajar a una presión de trabajo ideal, de entre 145 bar – 160 bar, con una gap de trabajo de 60 mm.
- El interface HMI debe ser lo más amigable posible lo cual facilite al operador monitorear adecuadamente y solucionar problemas lo más rápido posible.
- El *Polycom deberá poder trabajar las 24 horas del día sin parar, a menos que el operador de sala desee detenerlo.
- Todos los sistemas de seguridad y alarmas deben estar correctamente programados y probados para así evitar daños graves que puedan transformarse en costos perjudiciales para el cliente.

3. Organización de la empresa.

Thyssenkrupp es una organización a nivel mundial donde el área de Thyssenkrupp Industrial Solutions se encarga de la ingeniería, construcción y servicio de todo tipo de plantas industriales y sistemas.

A nivel mundial se tiene al menos 19,000 trabajadores en 70 diferentes lugares donde uno de estos lugares es Perú.

- Dentro de la empresa Thyssenkrupp Industrial Solutions Perú, estoy trabajando en el área de "Proyectos y Servicios", donde trabajo como Ingeniero de Servicios y me encargo de atender diferentes proyectos en periodo de puesta en marcha, así como dar soporte técnico a clientes que lo requieran con respecto a maquinaria diseñada por mi empresa.



4. Actividades desarrolladas por la empresa.

Como en parte se explicó en el apartado anterior el área de Thyssenkrupp Industrial Solutions se encarga de plantas químicas, cementeras, petroleras, minería, área naval como es el diseño de sub-marinos.

Thyssenkrupp Industrial Solutions tiene muchos proyectos a nivel mundial para todas las áreas lo cual hace difícil nombrar todos los proyectos, sin embargo si nos enfocamos a Perú podemos indicar los más importantes los cuales son:

- Cerro Verde 1: Diseño y puesta en marcha de 4 Molinos HPGR y 3 Molinos de Bolas.
- Cerro Verde 2: Diseño y puesta en marcha de 8 Molinos HPGR y 6 Molinos de Bolas.
- Cementos Lima: Diseño e integración del 70% de la planta. (Chancado, molienda y hornos).
- Cementos Pacasmayo – Piura: Diseño e integración del 60% de la planta (Chancado, molienda y hornos).
- Las Bambas: Diseño y puesta en marcha de una faja Overland Conveyor que une chancadora primaria con molienda.
- Minera Antapacay: Diseño y puesta en marcha de una faja Overland Conveyor curva, que une chancadora primaria con molienda.
- Southern Perú: Diseño y puesta en marcha de una chancadora primaria, molino HPGR y Overland Conveyor que une chancadora primaria con molienda.

- Shougang Hierros Perú: Diseño y puesta en marcha de dos chancadoras primarias, faja Overland Conveyor y Down Hill Conveyor ; dos “Stackers y dos “Reclaimers”.
- Impala Perú: Diseño y puesta en marcha de un sistema volteador de vagones los cuales llegan de Tormocho.



5. Descripción del proyecto de ingeniería.

5.1 Descripción del tema

El cliente CV/Fluor hizo una licitación a nivel mundial, para el requerimiento de la instalación de 8 chancadoras terciarias, 4 chancadoras por línea, donde en resumen estas deberán recibir el material proveniente de 8 chancadoras secundarias, en este caso estas fueron suministradas por METSO, a su vez también deberían alimentar 6 molinos de bolas, actualmente también suministrados por THYSENKRUPP.

Para este caso THYSENKRUPP ganó esta licitación requerida por CV/Fluor presentando en sí sus modelos de chancadoras terciarias HPGR ("High Pressure Grinding Roll ") los cuales serían diseñados para poder chancar cantidad de 3300 t/h de material seco.

Adicional estos HPGR deberían trabajar bajo el control de PLCs (ControlLogix), los cuales serán programados bajo un lenguaje de programación de THYSENKRUPP, llamado POLCID, el cual fue incluido en la librería del software de programación de RSLogix 5000.

Cada HPGR deberá contar con su propio HMI local (Local Human Machine Interface) el cual debía permitir a los operadores de campo saber el comportamiento del HPGR, revisar alarmas, niveles de producción, cambiar parámetros críticos, accionamientos locales, operaciones en modo mantenimiento, ver líneas de tendencias de diferentes parámetros como producción vs corriente consumida actual de los motores, etc.

5.2 Antecedentes

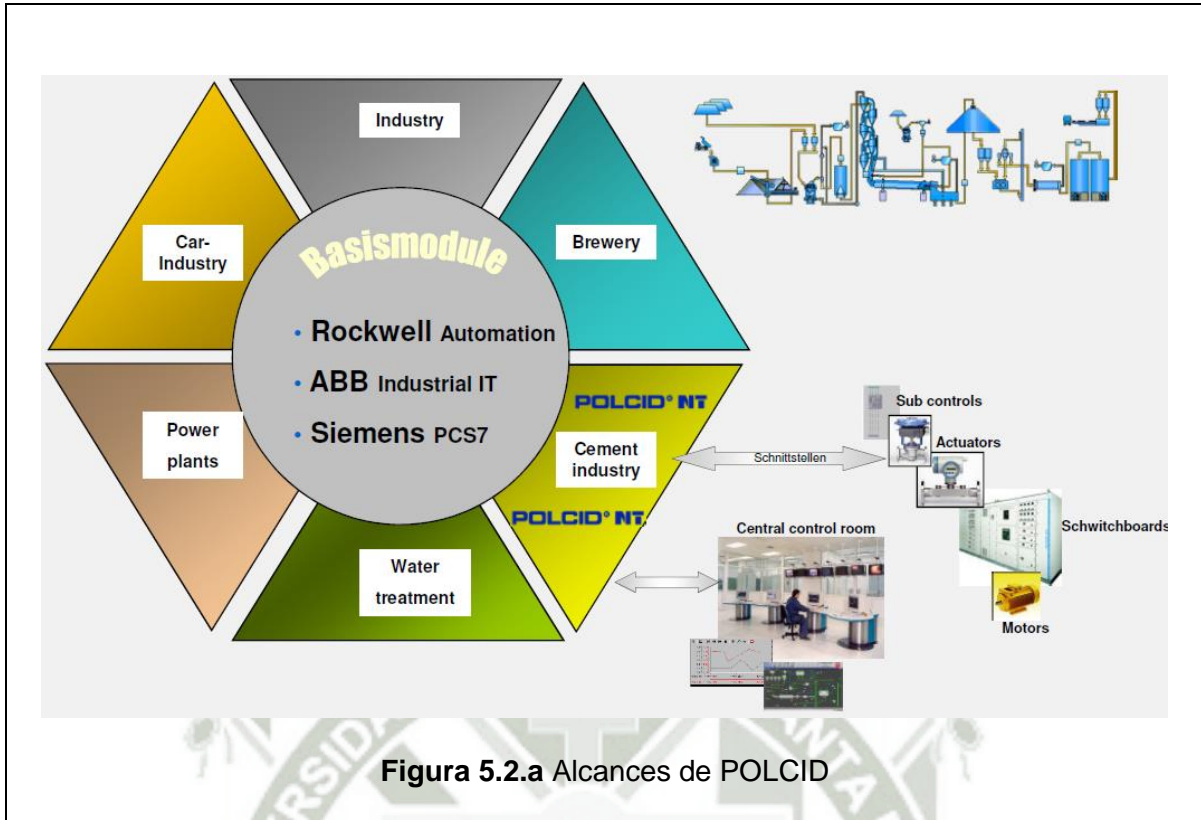
Existen Polycoms alrededor de todo el mundo, desde U.S.A. hasta China, de diferentes tamaños y para diferentes utilidades, entre los más comunes para el chancado de minerales tales como el cobre, oro, platino, diamantíferos, hierro, o para procesos más finos como son en las cementeras.

Las ventajas de esta máquina son:

- Bajos costes de explotación: tanto el consumo energético como los costos por piezas de desgaste son significativamente menores.
- Elevadas producciones: este HPGR puede sustituir a varias instalaciones de trituración fina.
- Ventajas metalúrgicas en las etapas de proceso que tienen lugar a continuación, como por ejemplo etapas de molienda.
- Plazos de suministro y puesta en marcha más cortos.

La tecnología de control POLCID también ha sido implementada en diferentes procesos alrededor del mundo desde varios tipos de máquinas aisladas hasta controles integrales más grandes.

Lo bueno de POLCID es que es bien flexible a ser usado en diferentes plataformas de programación, como entre los más conocidos y usados, SIEMENS, Rockwell automation y ABB.



martes, 21 de noviembre de TUDELA
09:28:19
Camerons La Robia

► Multimedia functions

- Video camera
- Voice recording, etc.

Camera

KTS

Main picture: Preheater and kiln

Figura 5.2.b Ejemplo de una pantalla de un SCADA Polcid, en plataforma Factory Talk Station Edition.

5.3 Planteamiento del Problema

Interrogantes básicas

- A. ¿Cuáles son las condiciones actuales del proceso del área de chancado y cuáles son los objetivos que nuestras HPGR deban cumplir?
- B. A parte de los *interlock estándar que tenemos ¿El cliente deseara tener nuevos interlock o modificar algunos existentes?
- C. Para tener una mayor estabilidad del proceso de producción ¿será conveniente realizar control PID independientes o realizar un control Cascada integral con las fajas alimentadoras?
- D. ¿El interface HMI* es lo suficientemente amigable para el operador?
- E. ¿Se tiene la suficiente cantidad de datos locales?

5.4 Justificación del trabajo

- Interés: Pues con dicho trabajo cumplirá con los intereses del cliente (CV/FLUOR).
- Reputación: Pues con este trabajo se demostrara al cliente y a entidades que el lenguaje POLCID es bastante práctico para procesos de automatización de máquinas.
- Optimización: con este trabajo también se podrá probar nuevos métodos propuestos por el departamento de ingeniería de Thyssenkrupp, y si se tiene mejores resultados aplicarlos para futuros proyectos.
- Experiencia: Cada nuevo proyecto trae nuevos retos, lo cual requiere de diferentes soluciones ya sean a corto, mediano o largo plazo lo cual nos da mayor experiencia como grupo para ser más eficaces en futuros proyectos.

5.5 Marco Teórico - Referencia: Wolfgang Partsch – “Diseño, Control y Proceso de la prensa Polycom”. Alemania: Thyssenkrupp.

5.5.1 “HIGH PRESSURE GRINDING ROLL (HPGR)”

5.5.1.1 Concepto

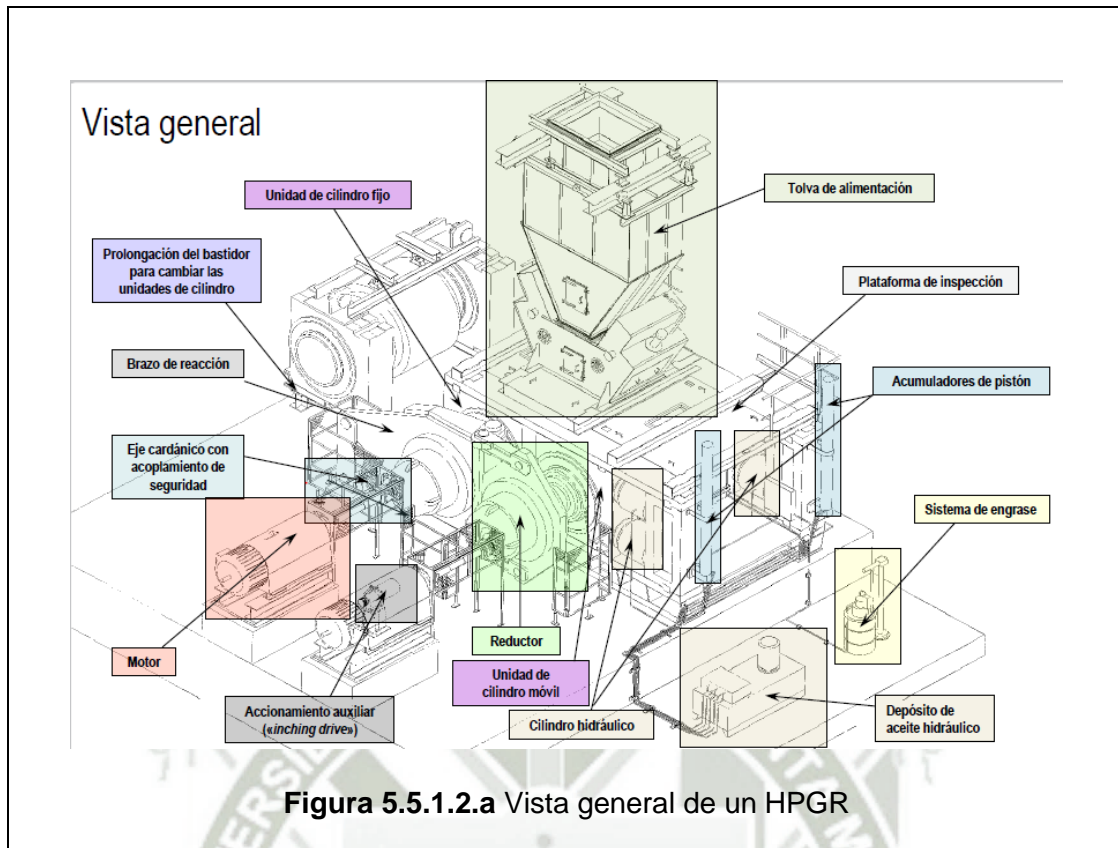
- En si un HPGR es una prensa de rodillos móviles accionado por dos motores, cuya función es triturar material entrante ya sea mineral o para cementeras.



Figura 5.5.1.1.a HPGR

5.5.1.2 Partes críticas del HPGR

- El HPGR consta de muchas partes pero dentro de las más importantes y que nos interesa a nosotros para nuestro trabajo son :
 - Tolva de alimentación
 - Unidades de cilindro :
 - Móvil
 - Fijo
 - Grupo hidráulico
 - Depósito de aceite hidráulico
 - Acumuladores de pistón
 - Grupo de lubricación
 - Sistema de engrase
 - Sistema de lubricación de reductores
 - Sistema de refrigeración
 - Tren de accionamiento
 - Motores
 - Reductores
 - Eje de acople

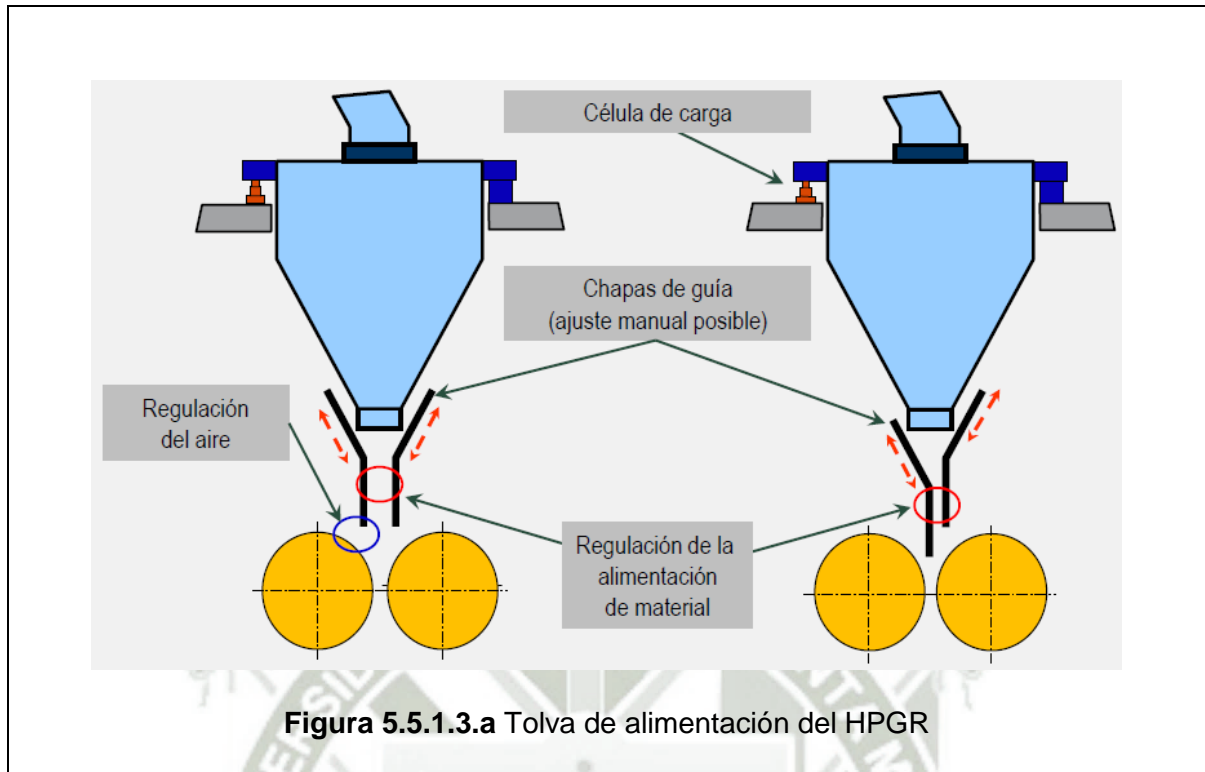


5.5.1.3 Tolva de alimentación

La tolva de alimentación del HPGR es donde se realiza la recepción, en este caso de mineral de la faja alimentadora y a su vez acumula mineral donde posteriormente entrega el mineral a las unidades de cilindros o rodillos para que estas procedan con la trituración.

Esta tolva también posee una celda de carga (que va de 4 – 20 mA), la cual nos entregara a nuestro PLC, el nivel de material aproximado (en %), que tenemos en nuestra tolva; este dato es muy importante para el desarrollo de nuestra lógica PID o cascada.

También posee un Switch de nivel de material con doble estado, de nivel alto o nivel alto-alto, este nos ayuda a generar un “interlock” de proceso pues no queremos que el material se desborde de la tolva de alimentación.



5.5.1.4 “Tolvin ajustable”

La Tolva de alimentación también posee un “Tolvin ajustable” el cual se ubica en la parte inferior de la tolva acumuladora de material.

En este “Tolvin ajustable” se encuentran unas compuertas hidráulicas las cuales se pueden regular bajo el control de nuestro PLC, también existen unos sensores inductivos de fin de carrera los cuales indicaran cuando las compuertas estén abiertas al 100% o cerradas completamente al 0%.

La Resbaladera ajustable sirve para tener una alimentación de mineral homogénea, mas estas solo se regulan manualmente.

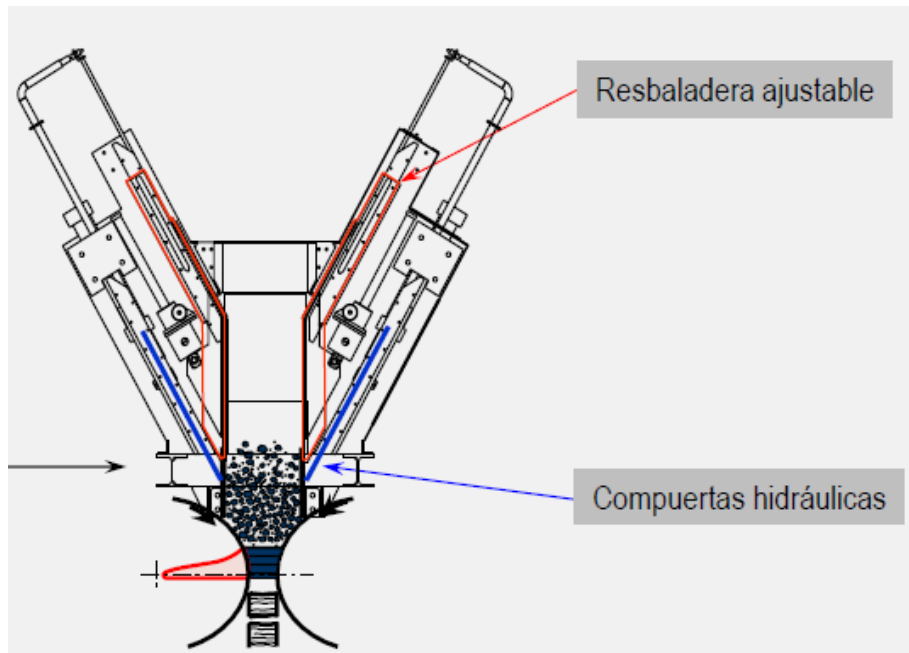


Figura 5.5.1.4.a "Tolvin Ajustable"

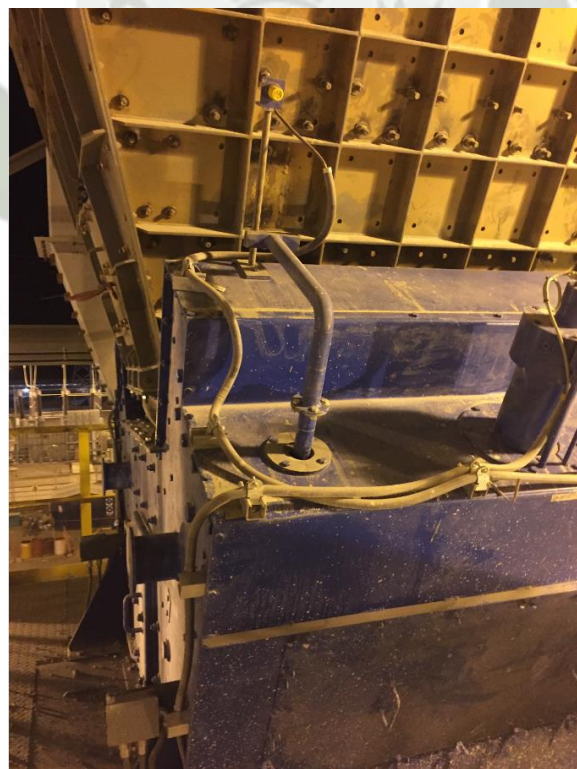


Figura 5.5.1.4.b "Tolvin Ajustable" - CVPUE

5.5.1.5 Unidades de Cilindro

Estos cilindros son el corazón de esta chancadora, pues estas son las responsables de triturar todo el material entrante de la tolva de alimentación.

Uno de estos cilindros es Fijo y el otro cilindro es móvil, el cual se junta o se separa al cilindro Fijo por medio de unos pistones hidráulicos de alta presión, accionados por grupo de válvulas hidráulicas.



Figura 5.5.1.5.a Unidades de cilindro

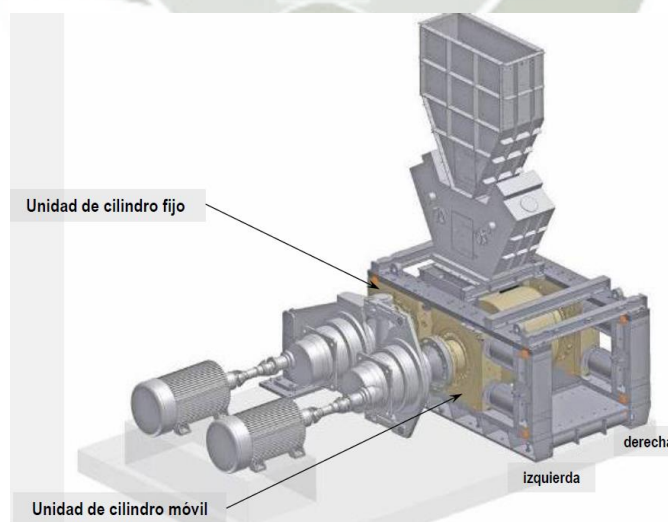


Figura 5.5.1.5.b Visualización de los cilindro fijo y móvil

5.5.1.6 Sistema hidráulico

El Sistema hidráulico se encarga de abrir y cerrar el cilindro móvil junto con la ayuda de unos pistones acumuladores de presión los cuales contienen nitrógeno en su interior cuya función es que el trabajo de apertura o cierre sea más suave o duro entre las unidades de cilindro, dependiendo de la cantidad de nitrógeno que se le inyecten.

El sistema Hidráulico también se encarga de abrir y cerrar los sliders* del “tolvin alimentador”.

Mejores detalles de este grupo hidráulico se explicara posteriormente en el proceso de programación del HPGR.

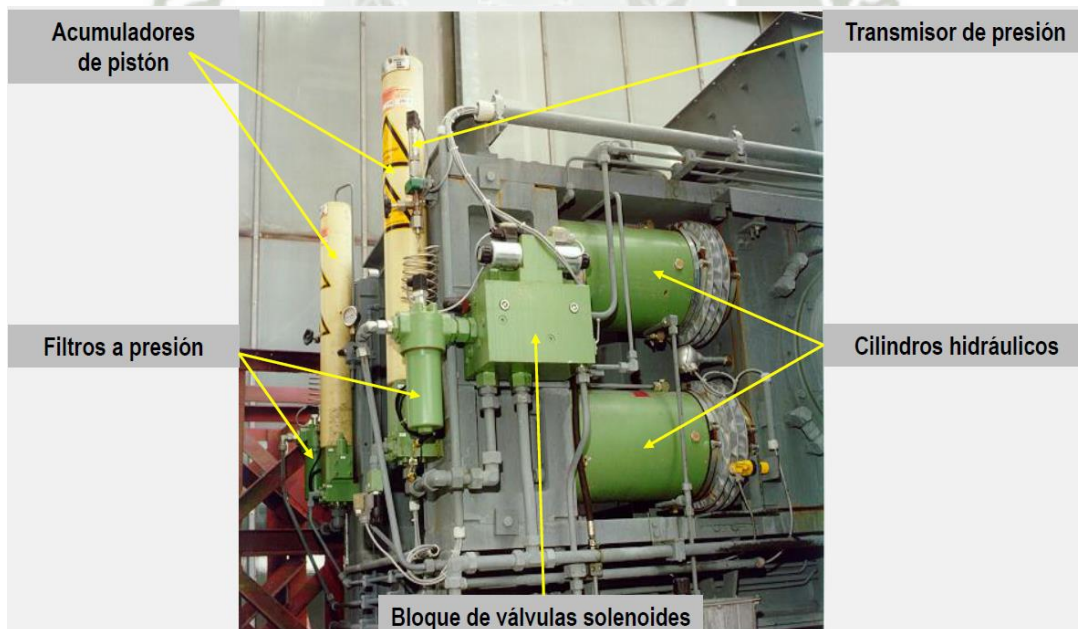
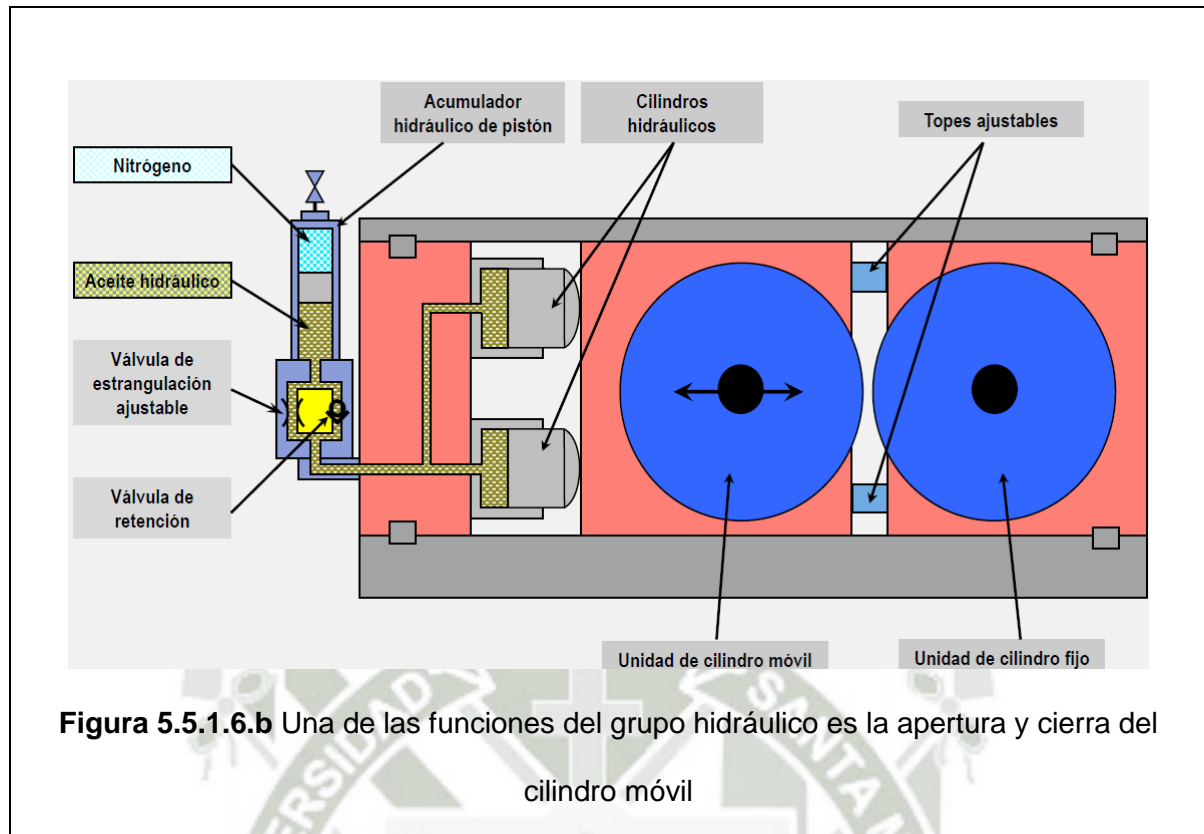


Figura 5.5.1.6.a Visualización del Sistema Hidráulico en el HPGR



5.5.1.7 Sistema de lubricación

El sistema de lubricación se encarga de lubricar tanto los rodamientos de las unidades de cilindro o rodillos, así como la lubricación de los dos reductores que posee el HPGR.

El sistema de lubricación también es controlado por el PLC siguiendo unos tiempos predeterminados por ingeniería.

Este sistema de engrase consta de:

- Estación de aire comprimido, que es donde se almacena toda la grasa y es distribuida por medio de una bomba la grasa a los rodamientos a su vez en este cilindro se puede monitorear la temperatura de la grasa, también

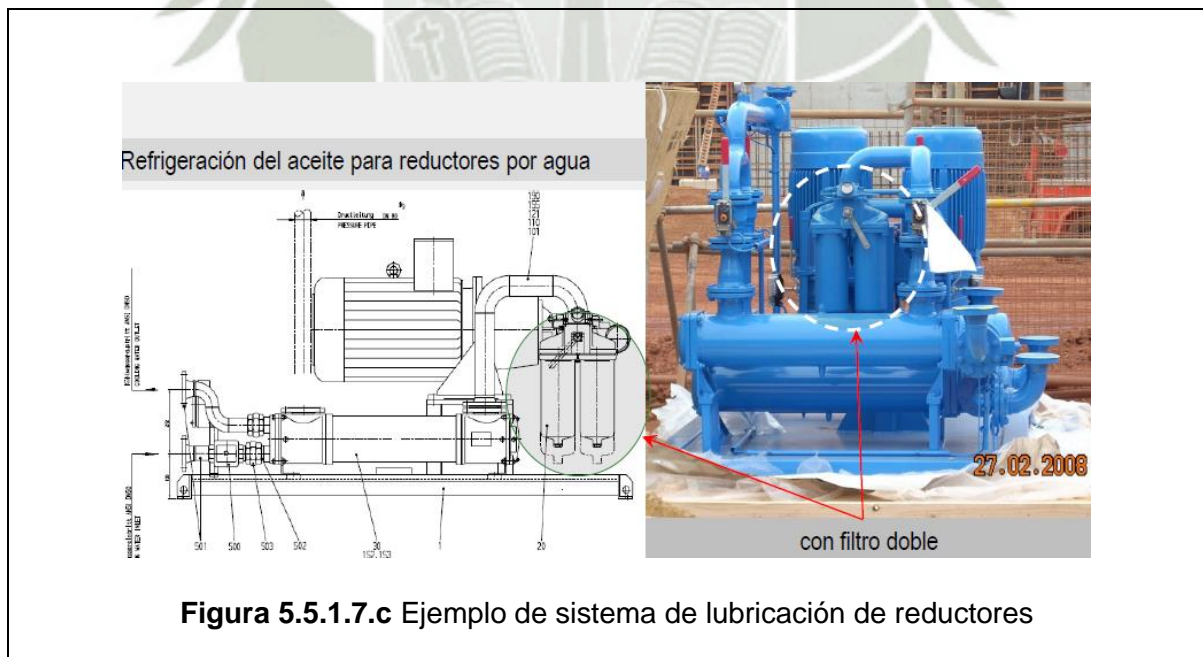
verificar la cantidad existente de grasa y si es necesario se puede instalar un calentador para la grasa. Posee también su unidad de mantenimiento donde se purifica la grasa, además de unas electroválvulas.



- La unidad de mando es donde, por un arreglo de válvulas con accionamiento eléctrico, se distribuye la grasa a los diferentes puntos críticos a engrasar de los rodamientos de los rodillos, mayor detalle se dará en la etapa de programación.

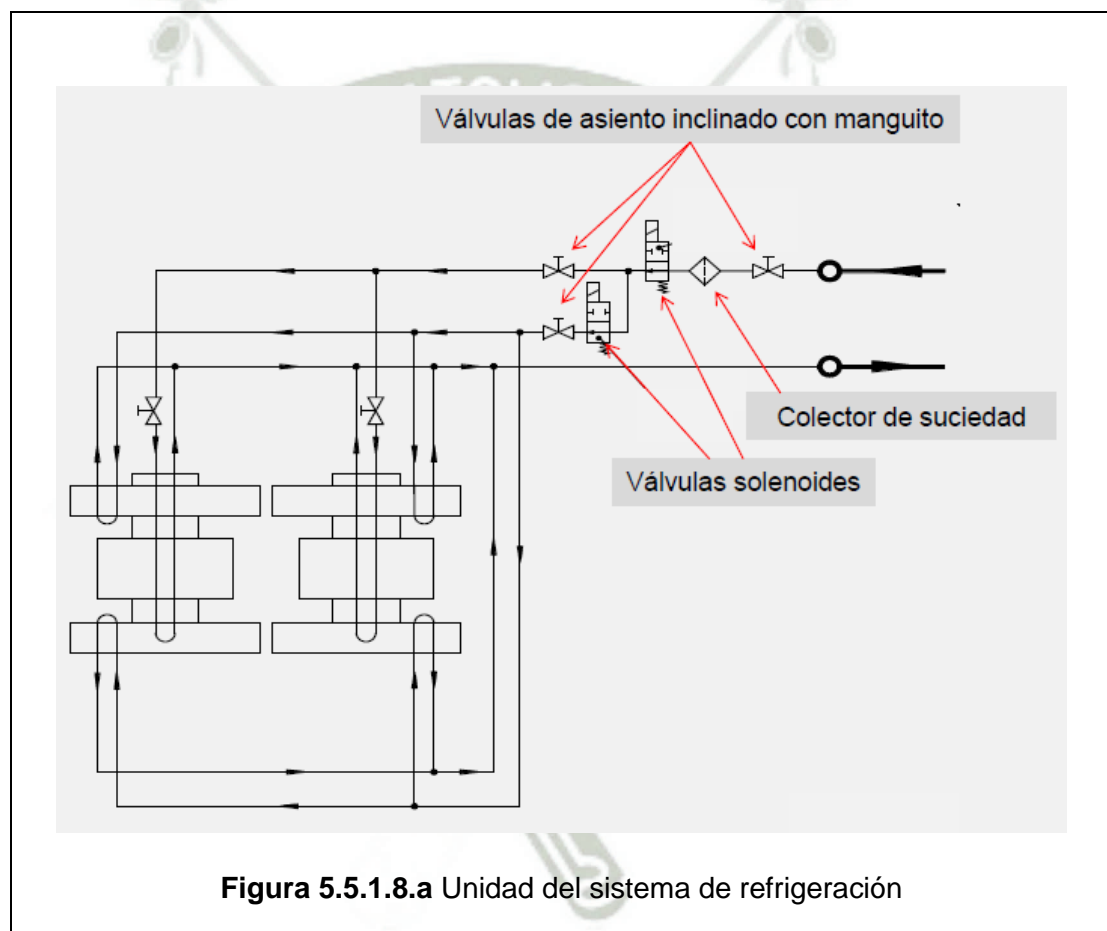


- El sistema de lubricación de los reductores viene con sistemas aparte de refrigeración de aceite por agua o por aire.



5.5.1.8 Sistema de refrigeración

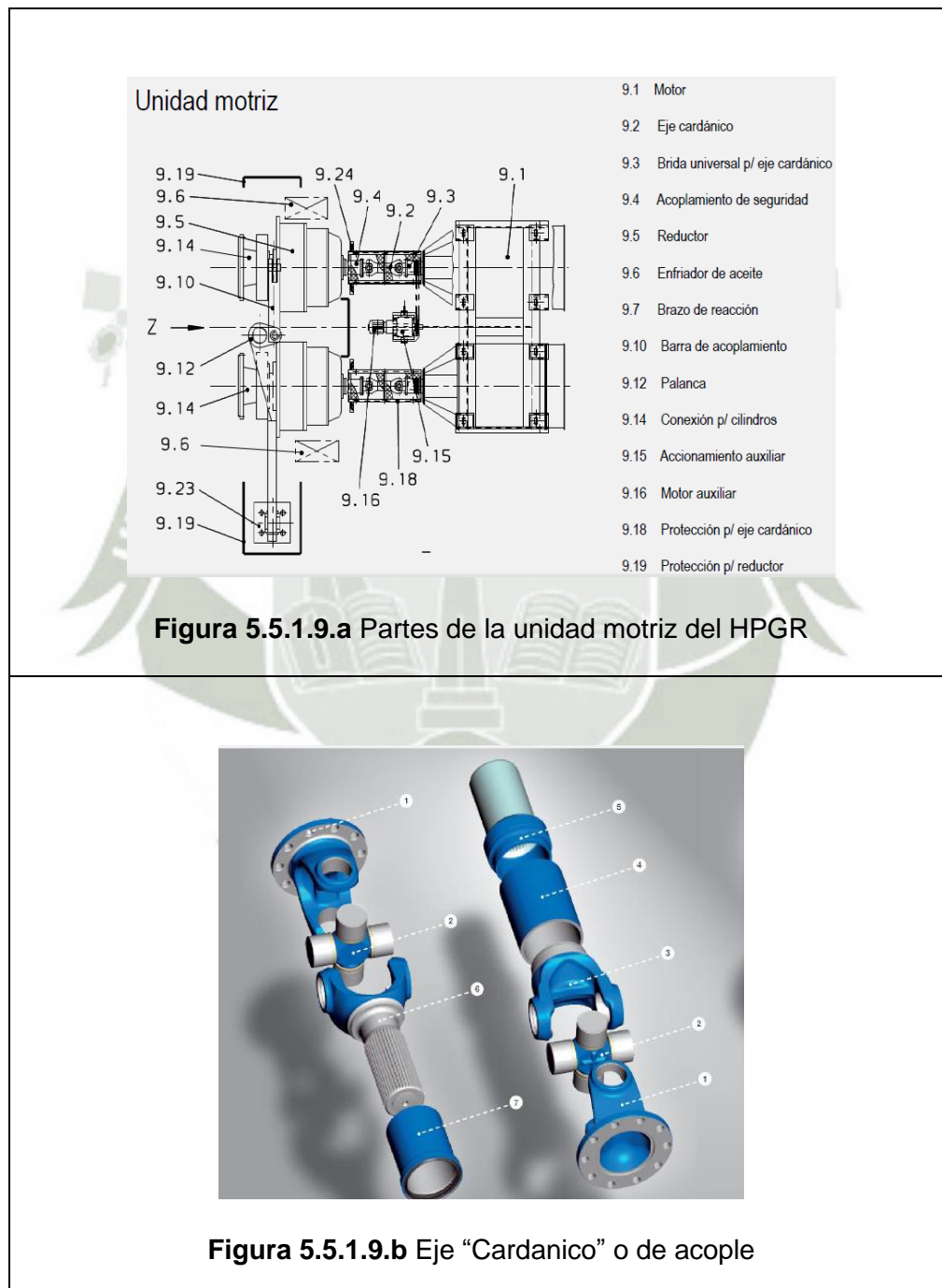
Como su nombre lo indica, el sistema de refrigeración, sirve para refrigerar los rodamientos de los rodillos pues al tener bastante trabajo las altas temperaturas pueden ser muy peligrosas para los rodamientos. Este sistema está controlado por unas electroválvulas y a su vez el suministro de agua viene por parte del cliente.



5.5.1.9 Tren de accionamiento o unidad motriz

El tren de accionamiento o unidad motriz es lo que en si hace girar a nuestros rodillos y así estos pueden triturar el material entrante, esta unidad está compuesta principalmente por:

- Dos motores de 2500 kW, uno por cada rodillo, con una velocidad nominal de 1180/1320 rpm según desempeño.
- Dos ejes “cardanicos” o de acople.
- Dos reductores tipo planetario modelos P2SA 36 de la marca Flender.



5.5.2 Principio de funcionamiento del HPGR o Polycom

Como se indicó en un principio el fin de este HPGR es triturar el material entrante producto de la trituración de una chancadora secundaria.

El HPGR entregara un material mucho más fino el cual será entregado primero a un grupo de zarandas, posteriormente ira para nuestro caso de CVPUE, hacia unos molinos de bolas los cuales molerán por medio de otro proceso este material y a su vez mezclándolo con agua.

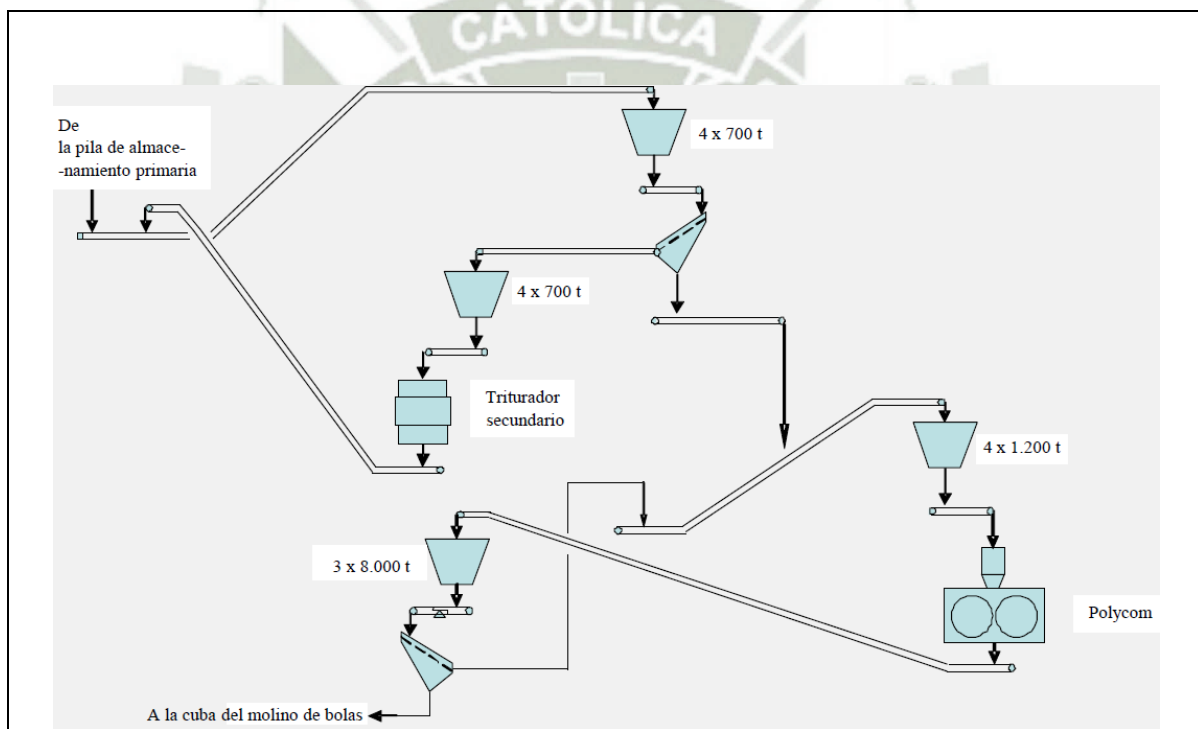


Figura 5.5.2.a Diagrama de flujo del proceso simplificado de la mina

- Se tiene que el mineral empieza siendo triturado por una chancadora primaria el cual reduce considerablemente el tamaño del mineral, para nuestro caso, se contó con dos chancadoras marca FLSmith, una por línea de producción.
- Posteriormente pasa por unas zarandas de selección de material donde separa el material más fino del material más grueso, el material más grueso va

hacia unas chancadoras secundarias de METSO para ser triturado, es entonces cuando este material es devuelto al proceso de transporte y pueda pasar por la etapa de zarandeo de nuevo.

- Una vez el material paso por la primera etapa de zarandas procederá a alimentar nuestros HPGR, los cuales trituraran a su vez este material y así obtener un material mucho más fino, de igual forma el material triturado será enviado a otra etapa de zarandas el cual seleccionara el material fino del material grueso dependiendo de ciertas especificaciones de granulometría, el material que no pudo pasar a través de estas zarandas será devuelto al Polycom* como un material a ser reprocesado.
- El material con granulometría más fina por fin pasara a alimentar los molinos de bolas los cuales trituraran y mezclaran este material con agua de procesos y así terminar con el ciclo de chancado, posterior a esto ese material pasara ya a la etapa de flotación.

5.5.2.1 Secuencia de Arranque.

El funcionamiento de nuestro HPGR o Polycom, se rige bajo varios principios y estándares los cuales son establecidos por la ingeniería de ThyssenKupp, esto producto de experiencia a lo largo de 100 años con este tipo de máquinas.

Es por eso que todo HPGR suele tener un proceso de arranque casi estándar en todas las minas donde se instala, la cual es en general:

- a) Que la máquina no presente alarmas o tenga interlocks* activos.
- b) Que todos los grupos de arranque estén completamente habilitados

- a. Grupo motriz
 - b. Grupo hidráulico
 - c. Grupo de lubricación
 - d. Que la faja de transporte receptora de material está trabajando
- c)** Una vez enviada la señal de arranque, el grupo hidráulico y el grupo de lubricación se activaran.
- d)** Entonces el grupo hidráulico abrirá completamente el rodillo móvil del Polycrom hasta un tope establecido por unos sensores inductivos, es para que el material residual que talvez haya quedado entre los rodillos o talvez porque paro pues se encontró un material in-triturable caiga automáticamente a la faja receptora y no se dañen los rodillos.
- e)** Una vez confirmado que el rodillo móvil está completamente abierto la unidad Motriz empezara a funcionar haciendo que los rodillos giren uno contra el otro.
- f)** Confirmado ya el arranque de cada rodillo y que se tenga un nivel de material establecido por el vendor en la tolva de alimentación el grupo hidráulico procederá a abrir al 100% las guillotinas o sliders que se encuentran en el tolvin alimentador, la velocidad de giro de los rodillos estará en función a un control PID con la constante de mantener siempre un nivel estable de material en la tolva de alimentación.

Mayores detalles de este proceso, se especificaran en la etapa de programación.

5.5.2.2 Secuencia de parada

Para la secuencia de parada, existen dos tipos de paradas:

- Parada secuencial o normal.
- Parada por interlock.

5.5.2.2.1 Parada secuencial o normal

Este es el tipo de parada enviado bajo comando del operador donde:

- a) Una vez confirmado que la faja alimentadora deje de enviar material, y que la tolva de alimentación este vacía, se procederá a cerrar los sliders automáticamente.
- b) La unidad motriz entonces automáticamente se desconectara parando así el giro de los rodillos
- c) Es entonces cuando el rodillo móvil se abrirá completamente hasta su tope definido por los sensores inductivos.
- d) El sistema hidráulico aliviara entonces la presión acumulada hasta el cero, entonces procederá a desactivarse.
- e) El grupo de lubricación también procederá a desactivarse.
- f) Si el operador desea podrá entonces parar la faja de descarga de material.

5.5.2.2.2 Parada de emergencia o por interlock

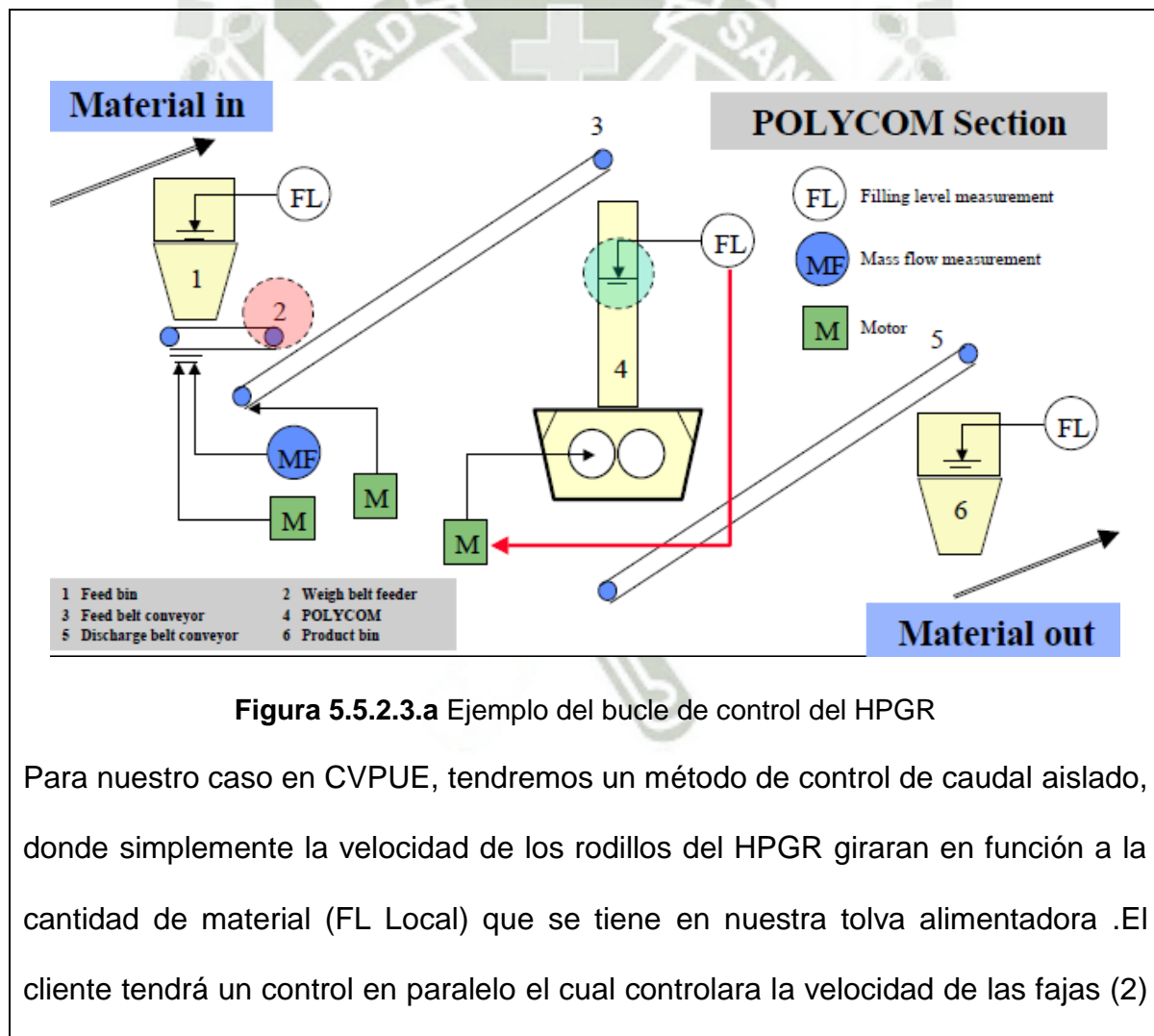
Al ser una parada de emergencia la máquina debe detenerse lo más rápido posible, donde:

- a) Los motores principales se detienen.
- b) El sistema de lubricación se detiene.
- c) El sistema hidráulico se detiene.

- d) El abastecimiento de material a moler se detiene.
- e) Si el operador desea, podrá entonces parar la faja de descarga de material.

5.5.2.3 Bucle de control.

Normalmente en las diferentes plantas industriales, el HPGR debe manipular la cantidad de material triturado. La velocidad de la faja alimentadora depende de un control de proceso a cargo del cliente ((2) y (3) según figura c.1).



(3), ya sea en función a la cantidad de material dado en sus tolvas alimentadoras o en función a nuestra tolva local a las t/h de material que se desee.

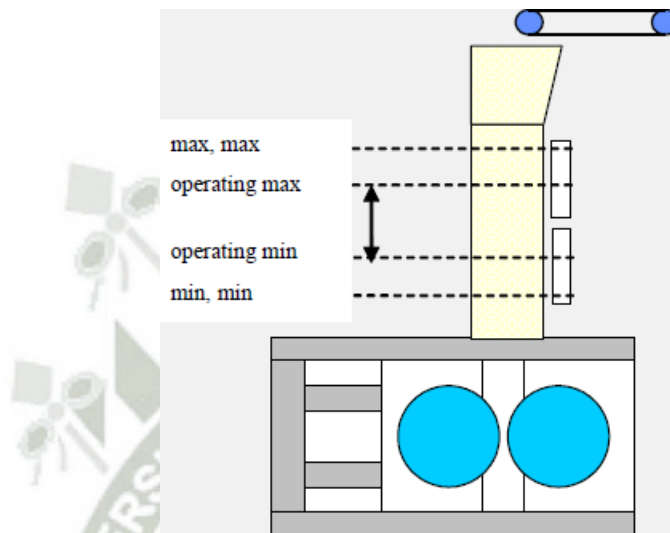


Figura 5.5.2.3.b Rango de operación a la que trabajo el HPGR

El HPGR trabajara en un rango de nivel de tolva en función a pruebas entre operación y el *vendedor, mas usualmente siempre se configura para trabajarlo al 50% del nivel de carga.

Para mantener ese nivel de carga constante, la velocidad de giro de los rodillos variara gracias a un control simple PID.

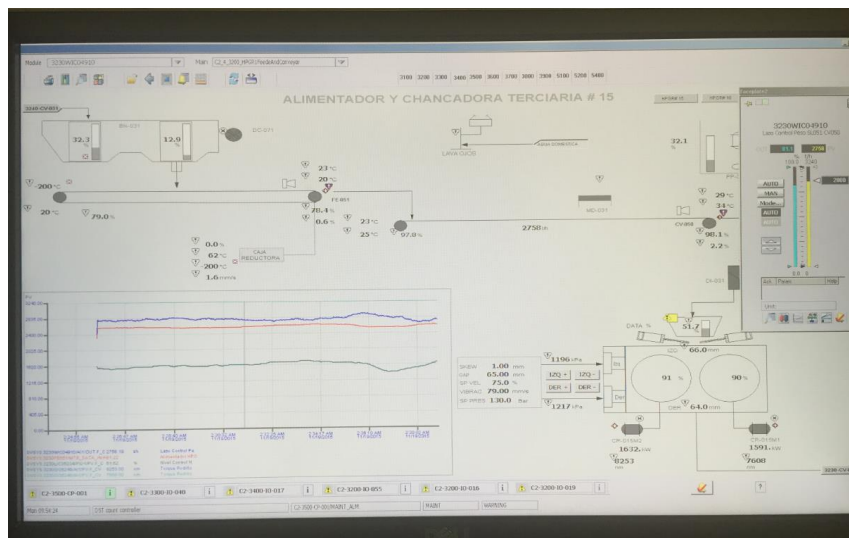
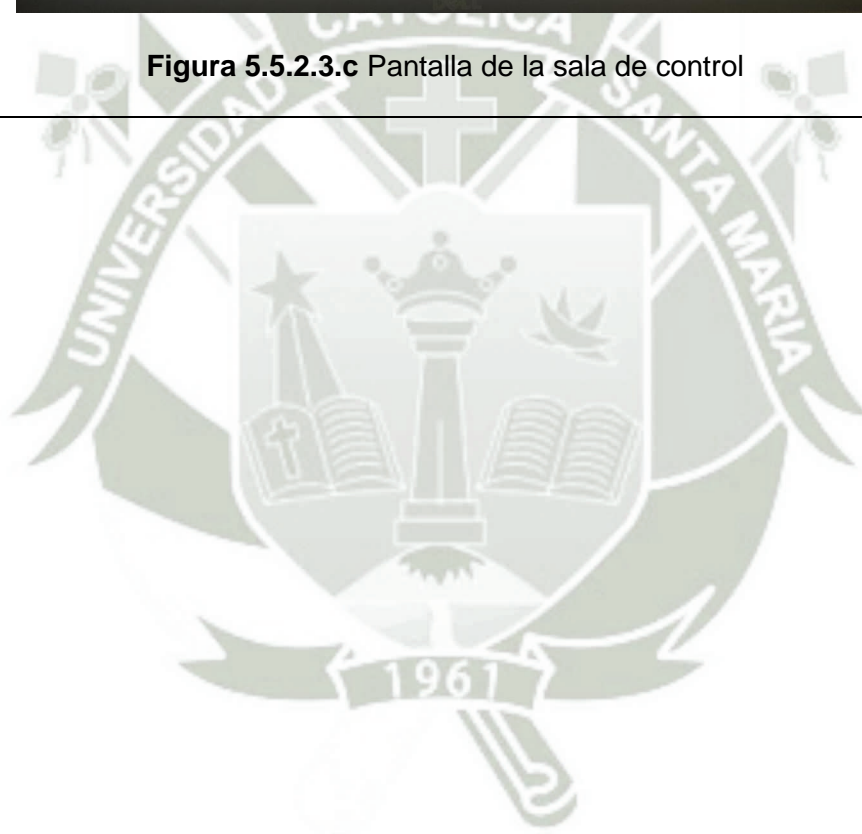


Figura 5.5.2.3.c Pantalla de la sala de control

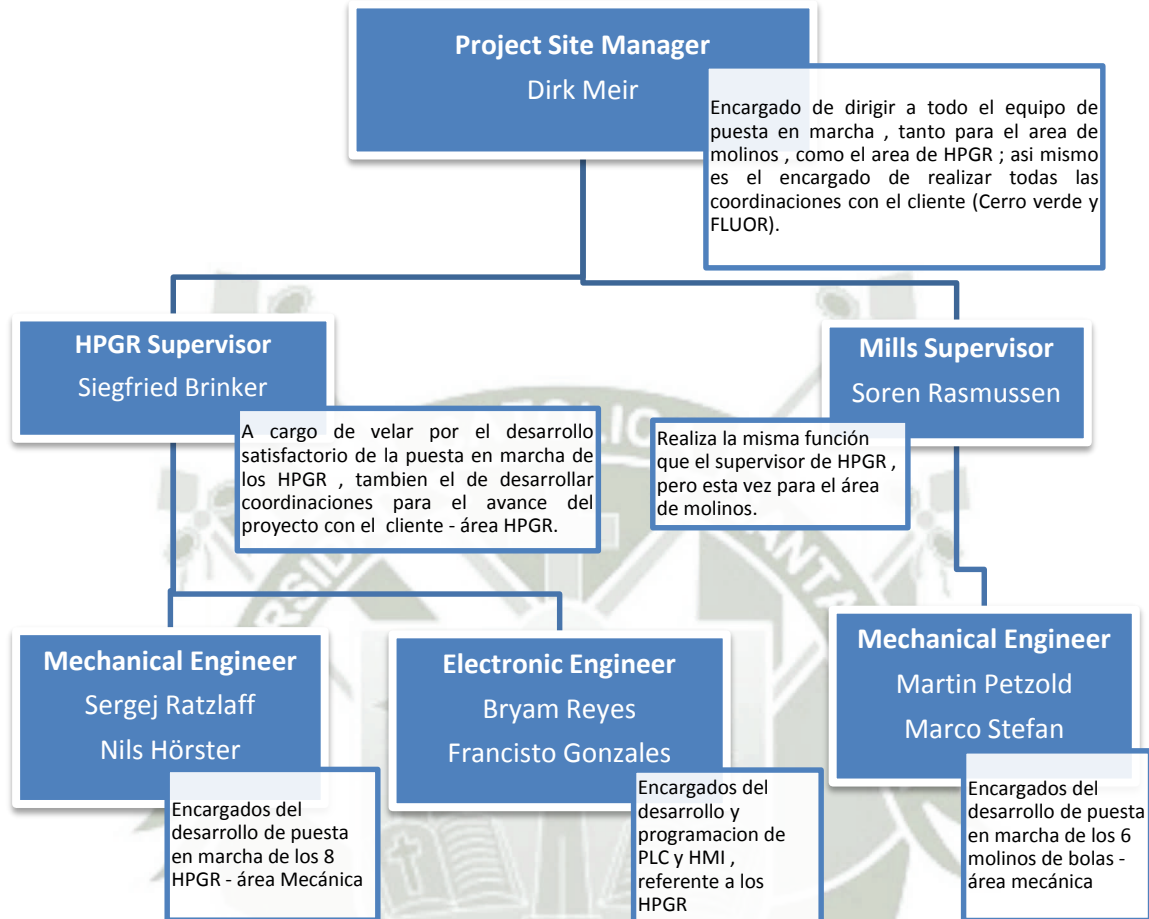


6. Desarrollo del proyecto

6.1 Alcances de la puesta en marcha

- ... Después de que haya finalizado la etapa de construcción del Polycom adecuadamente se procederá a realizar la etapa de puesta en marcha, el cual estará comprendido en las siguientes etapas generales :
 - a) Pruebas de Lazo con señales de campo, que es el revisar que todas las señales lleguen al PLC correctamente.
 - b) Pruebas de comunicación con los VFDs vía protocolo profibus.
 - c) Pruebas de interlocks y de arranque de los diferentes grupos del Polycom, los cuales son :
 - Grupo del sistema de lubricación de los rodillos.
 - Grupo del sistema de lubricación de los reductores.
 - Grupo del sistema hidráulico (Incluido la prueba de Sliders).
 - Grupo de la unidad motriz.
 - d) Pruebas de Comunicación con los “Bins”, los cuales son los receptores de señales que serán utilizadas en el DCS del cliente (Delta V).
 - e) Pruebas de arranque secuencial de los diferentes grupos, considerar que estas pruebas se realizan sin material.
 - f) Pruebas de funcionamiento con material, todo en modo manual.
 - g) Pruebas de control paralelo, entre el PID local y el remoto del DCS.
 - h) Monitoreo y pruebas con diferentes presiones de arranque, ajustes de gap hasta llegar al comportamiento del Polycom adecuado.

6.2 Diagrama de funciones Thyssenkrupp - Puesta en marcha CVPUE



6.3 Diagrama general – Desarrollo de la puesta en marcha de un HPGR



6.4 Análisis del tablero de control.

Antes de proceder con el desarrollo de puesta en marcha de los Polycom, analizaremos la distribución de nuestro tablero de control, el cual es el cerebro de todo nuestro proceso.

Toda la documentación y referencias utilizadas son generadas por el área de ingeniería de diseño eléctrico de ThyssenKrupp.

Nuestro tablero de control consta principalmente por:

- Fuentes de alimentación.
- PLC principal Control Logix 5573
 - Interfaces de comunicación Ethernet/IP.
 - Interface de comunicación SST Profibus – Molex.
- Módulos de entradas y salidas digitales.
- Módulos de entradas análogas y para PT100.
- Módulos de interface para ciertos transductores.
- Switch de comunicación.
- Switch conversor de protocolo Ethernet a fibra óptica.
- Llaves de protección termo magnéticas tipo switch.

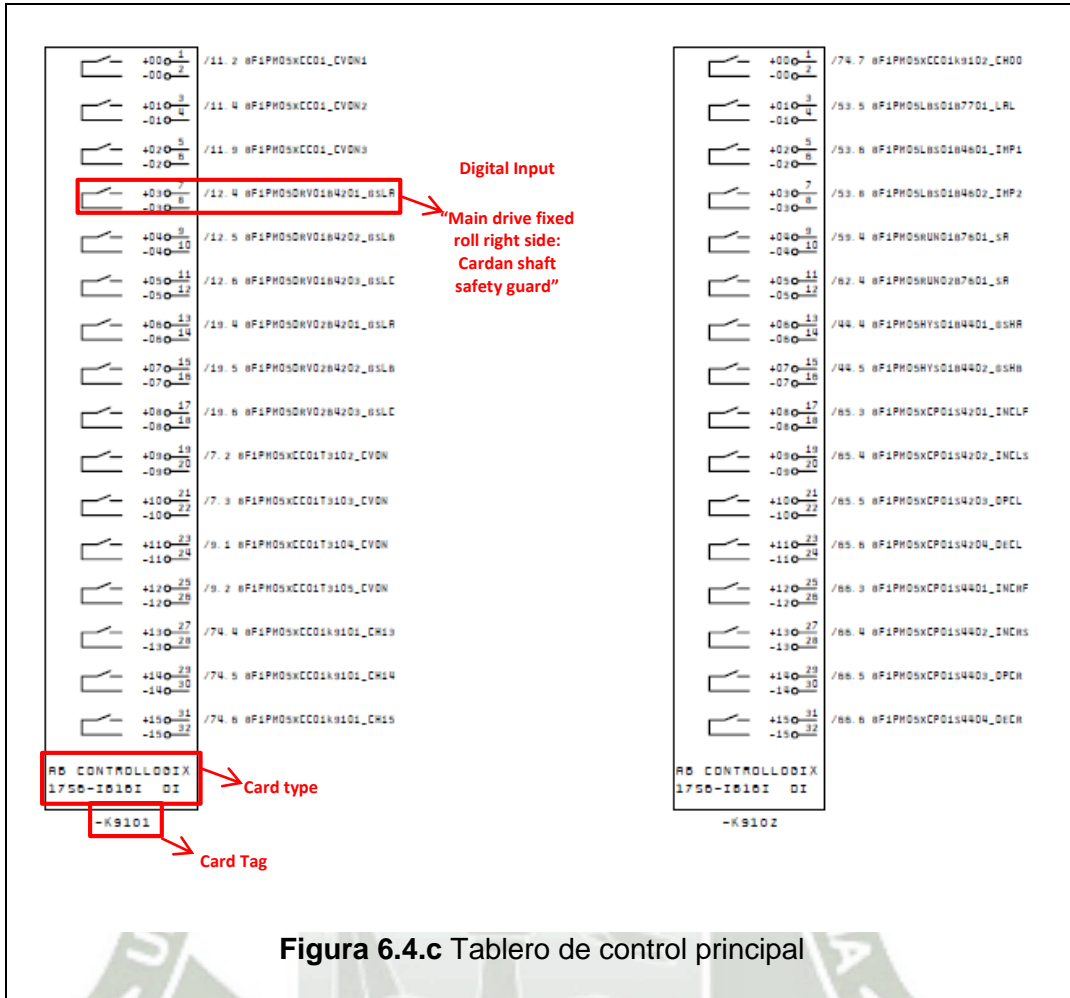


Figura 6.4.a PLC principal y tarjetas de interface de comunicación.

- Cada señal es identificada por un número de Tag, perteneciente a un formato que Thyssenkrupp sigue.



Figura 6.4.b Tablero de control principal



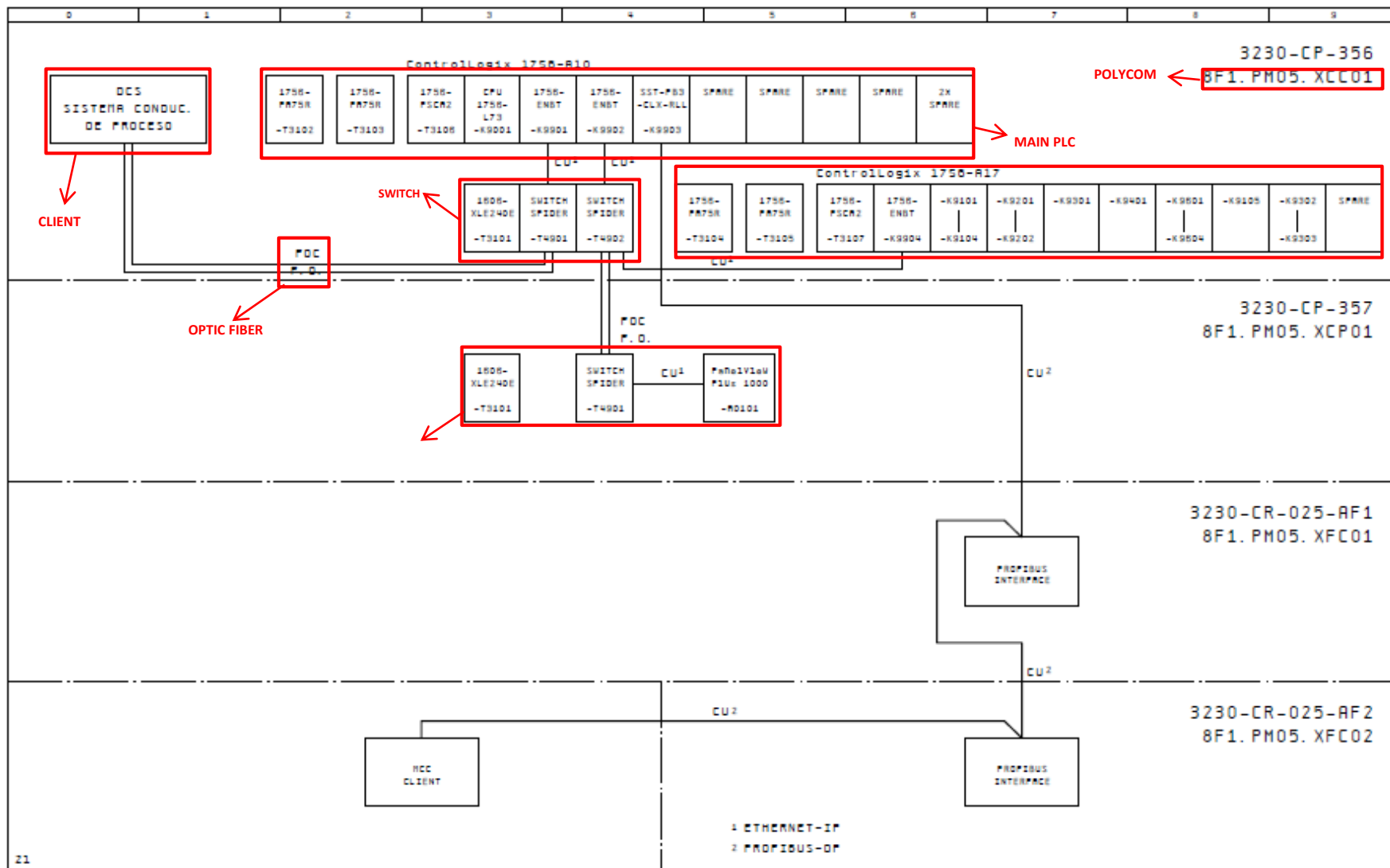


Figura 6.4.d Plano de distribución del tablero de control

Cada módulo Ethernet tiene una dirección IP, dada por el cliente, con esta dirección IP podremos ingresar a nuestro PLC.

MECHANICAL PACKAGE	PLC INFORMATION			
	ID Client	MODEL	IP ADDRESS	Protocol
HPGR #1	3230-PC-015	A/B Control Logix	192.168.15.31	Ethernet IP
HPGR #2	3230-PC-016	A/B Control Logix	192.168.15.32	Ethernet IP
HPGR #3	3230-PC-017B	A/B Control Logix	192.168.15.33	Ethernet IP
HPGR #4	3230-PC-018A	A/B Control Logix	192.168.15.34	Ethernet IP
HPGR #5	3230-PC-025	A/B Control Logix	192.168.15.35	Ethernet IP
HPGR #6	3230-PC-026	A/B Control Logix	192.168.15.36	Ethernet IP
HPGR #7	3230-PC-027B	A/B Control Logix	192.168.15.37	Ethernet IP
HPGR #8	3230-PC-028A	A/B Control Logix	192.168.15.38	Ethernet IP

Tomar en consideración que la dirección IP para nuestro módulo de I/Os y del HMI serán los mismos en todos los tableros de control.

I/O Control Logix 1756-A17	Control Logix 1756-A17	10.11.26.97	Ethernet IP
HMI	Panel View Plus 1000	10.11.26.96	Ethernet IP

Entonces usando nuestra aplicación de Comunicación de Rockwell, RSLinx, podremos comunicarnos con cualquier Polycom que queramos configurar o monitorear.

Para esto tendremos que usar una IP Estática en nuestra PC, para este proyecto usamos:

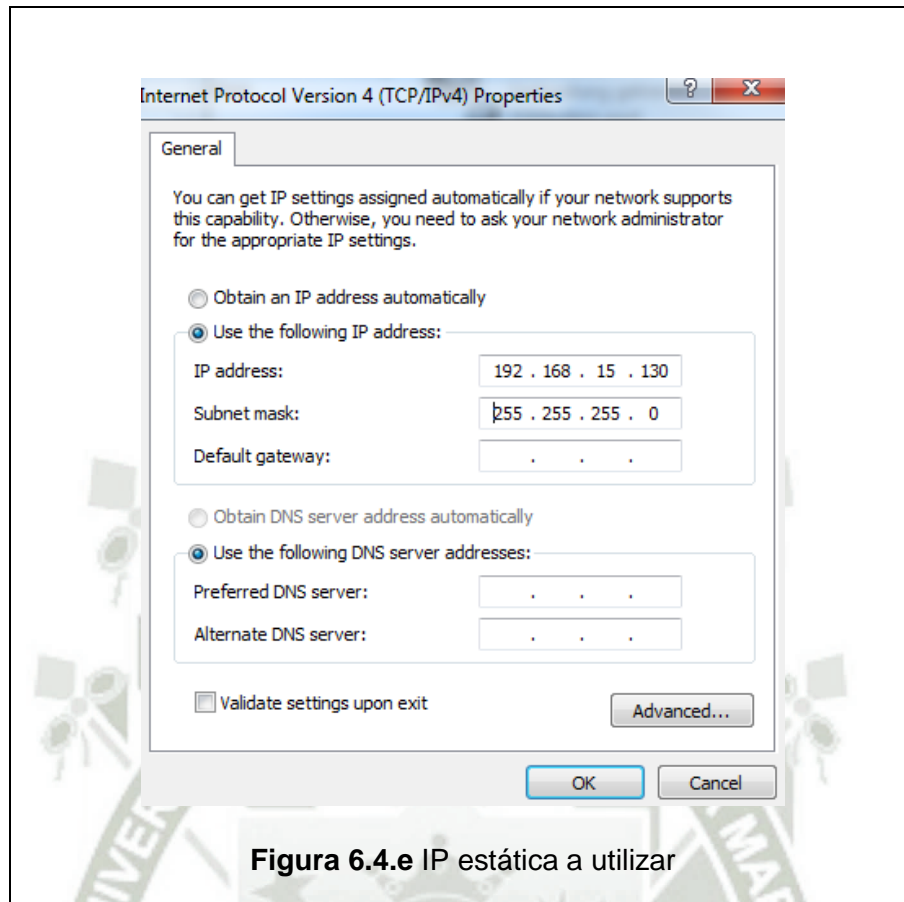


Figura 6.4.e IP estática a utilizar

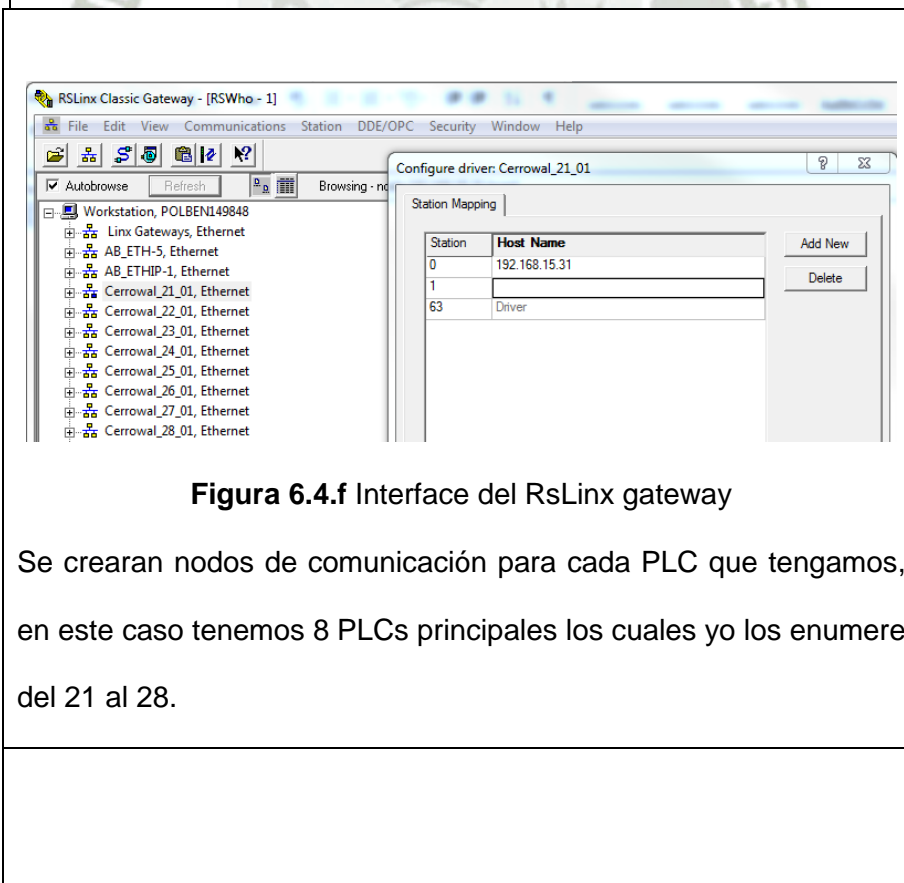


Figura 6.4.f Interface del RsLink gateway

Se crearan nodos de comunicación para cada PLC que tengamos, en este caso tenemos 8 PLCs principales los cuales yo los enumere del 21 al 28.

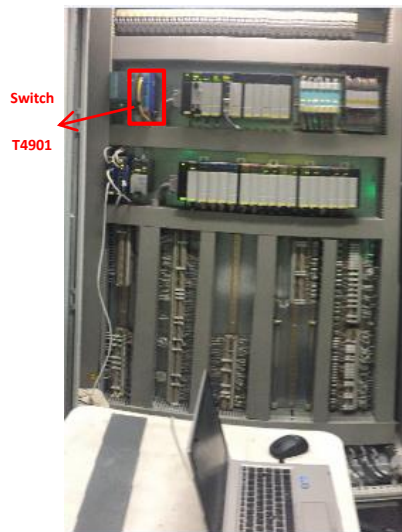


Figura 6.4.g Punto de acceso – Switch T4901

Usaremos el Switch T4901 para conectarnos al PLC, y al T4902 para conectarnos al HMI.

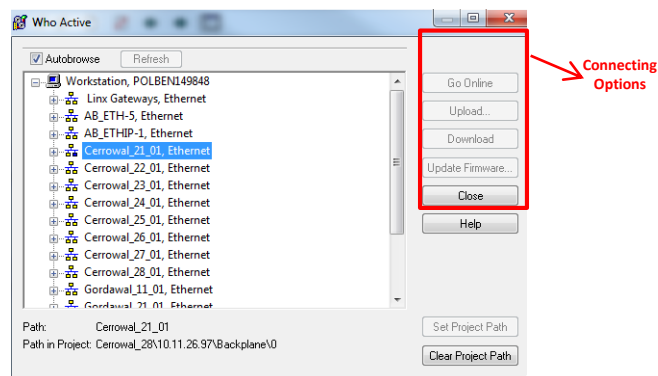


Figura 6.4.h Conectándose al RsLogix 5000 usando el “Who Active”

Con la herramienta “Who Active” nos comunicamos con el PLC que deseemos. Tener mucho cuidado con las opciones “Upload” y “Download”, pues con el primero cargaremos la configuración actual del PLC, y con el segundo descargaremos en el PLC la configuración que tengamos en la PC.

6.5 Pruebas de Lazo o de Señales locales.

Iniciando entonces nuestros primeros pasos de la puesta en marcha realizamos pruebas de lazo verificando que todas las señales de campo tanto digitales como análogas, estas deben llegar correctamente a nuestro PLC.

Address	Value	Tag Name
K9101		Digital Card TAG
ENBT_IO_K9904:1:1Data0	1	LXCC01_CVON1
ENBT_IO_K9904:1:1Data1	1	LXCC01_CVON2
ENBT_IO_K9904:1:1Data2	1	LXCC01_CVON3
ENBT_IO_K9904:1:1Data3	1	LDRV01B4201_GSLA
ENBT_IO_K9904:1:1Data4	1	LDRV01B4202_GSLB
ENBT_IO_K9904:1:1Data5	1	LDRV01B4203_GSLC
ENBT_IO_K9904:1:1Data6	1	LDRV02B4201_GSLA
ENBT_IO_K9904:1:1Data7	1	LDRV02B4202_GSLB
ENBT_IO_K9904:1:1Data8	1	LDRV02B4203_GSLC
ENBT_IO_K9904:1:1Data9	1	LXCC01_T3102_CVON
ENBT_IO_K9904:1:1Data10	1	LXCC01_T3103_CVON
ENBT_IO_K9904:1:1Data11	1	LXCC01_T3104_CVON
ENBT_IO_K9904:1:1Data12	1	LXCC01_T3105_CVON
ENBT_IO_K9904:1:1Data13	0	
ENBT_IO_K9904:1:1Data14	0	
ENBT_IO_K9904:1:1Data15	0	

Figura 6.5.a Subrutina I/O

Nuestro programa principal consta de 3 rutinas importantes :

- Analog: para cálculos con valores reales.
- Fast Task: lo usaremos para alojar nuestras entradas y salidas globales, que recibimos y enviamos a sensores de campo, a los MCCs y a DCS.
- Main Task: Es donde desarrollamos nuestro programa.

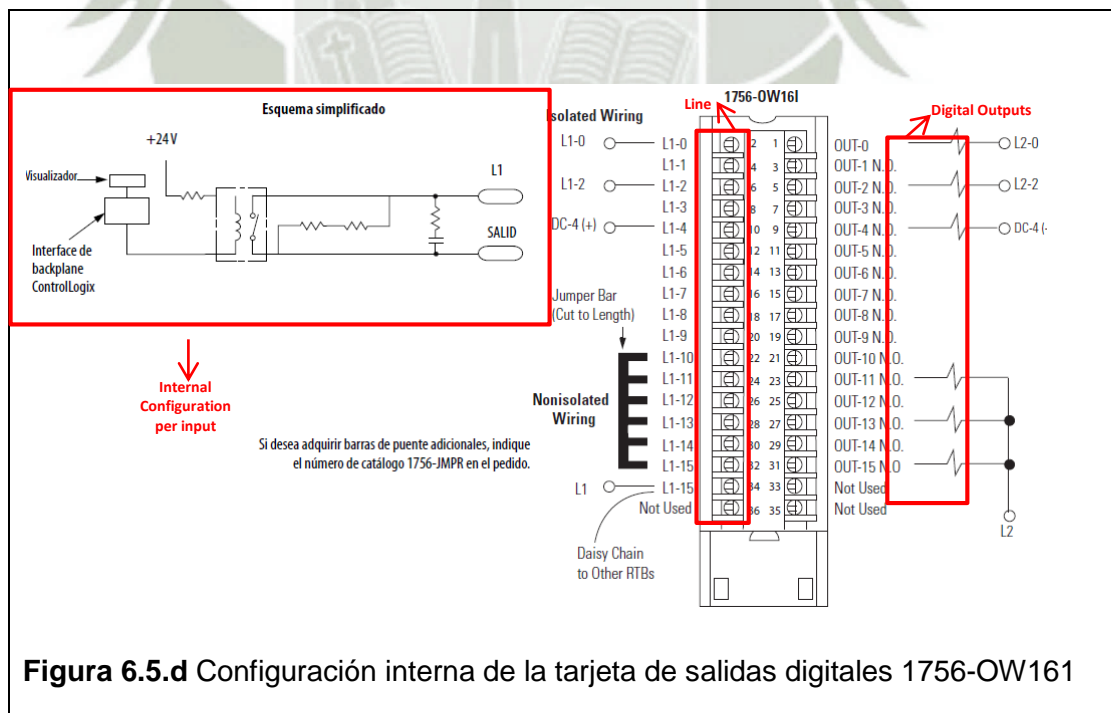
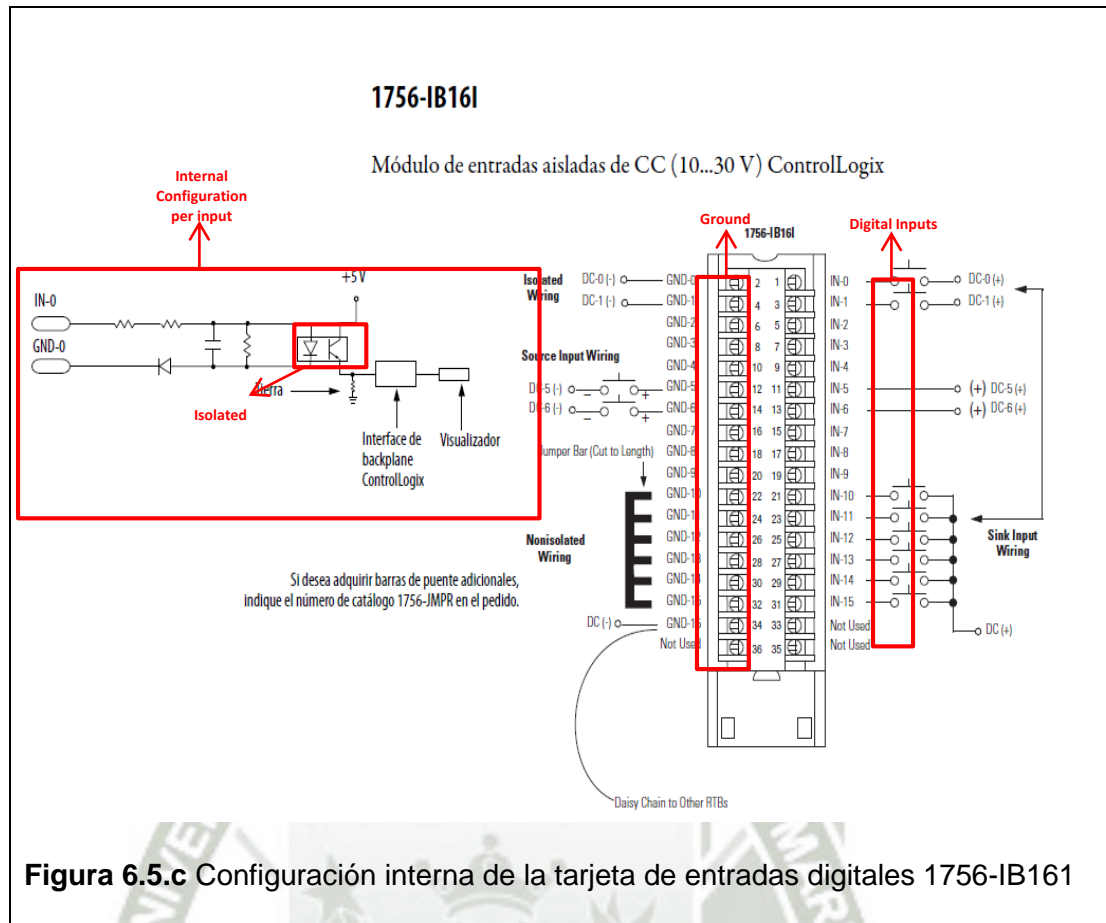
En el ejemplo de la figura se muestra que cada tarjeta I/O (cada una tiene su Tag propio) tiene un array* de 16 datos digitales, los cuales trasladaremos a Tags creados para así facilitar el uso de estos en nuestro programa.

Primero se identificó todas las señales necesarias que han de ser probadas, estas señales vienen en un documento oficial generado por el área de ingeniería de Thyssenkrupp.

 Polysius AG Beckum, Germany		Signal device list			Code word Project		CERROWAL2 D000538	
Tag No. Measuring point No. Client No.	Designation	Electrical device Vendor Brand Type Hazardous area Supplier Responsible	Electrical data Measuring range Measuring mode Signal Type of bus Voltage	Alarm limits max min minmin	Version date of modif.	Documents Flowsheet Location drawing TMI TCD		
8F1.PM01.HYS01-B34 03 3230-ZSO-35103	HPGR #1 C2-3230-CR-015 HYDRAULIC SYSTEM Standby pump delivery side / Pos. Supervision LIMIT SWITCH (OPEN/RIGHT/FORWARD/TOP)	HOVEN Hydac KHB-25-SR-E-1.000 POLBECK BEC0321	- CO 24 V DC		14.05.2012	8F1.01 70782694_02	0	
Comment SM (= Skid Mounted) // PMW (= Pre-Mounted/Pre-Wired) Wired to 8F1.PM01.XTB01								
8F1.PM01.HYS01-B34 04 3230-ZSO-35104	HPGR #1 C2-3230-CR-015 HYDRAULIC SYSTEM Standby pump delivery side / Pos. Supervision LIMIT SWITCH (OPEN/RIGHT/FORWARD/TOP)	HOVEN Hydac KHB-16-SR-E-1.000 POLBECK BEC0321	- CO 24 V DC		14.05.2012	8F1.01 70782694_02	0	
Comment SM (= Skid Mounted) // PMW (= Pre-Mounted/Pre-Wired) Wired to 8F1.PM01.XTB01								

Figura 6.5.b Ejemplo del documento generado por Thyssenkrupp indicando toda la lista de señales

Antes de proceder a realizar nuestras pruebas con las entradas digitales, se debe saber cómo están constituidas nuestras tarjetas.



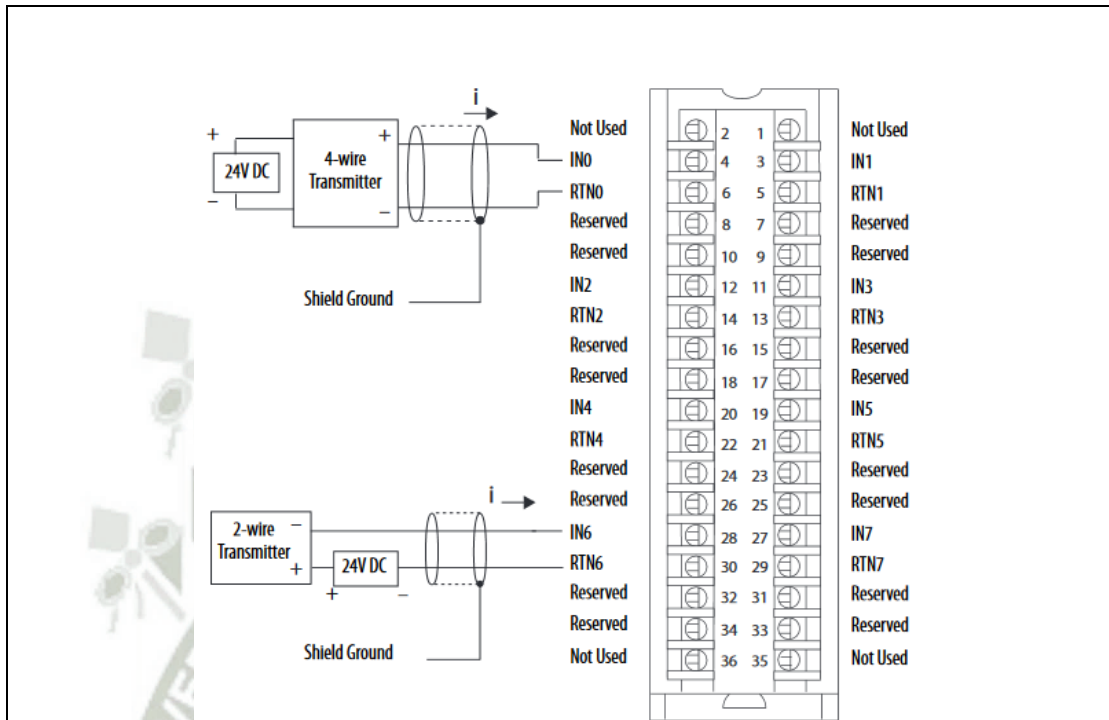


Figura 6.5.e Configuración interna de la tarjeta de entrada analógica 1756-IF8H

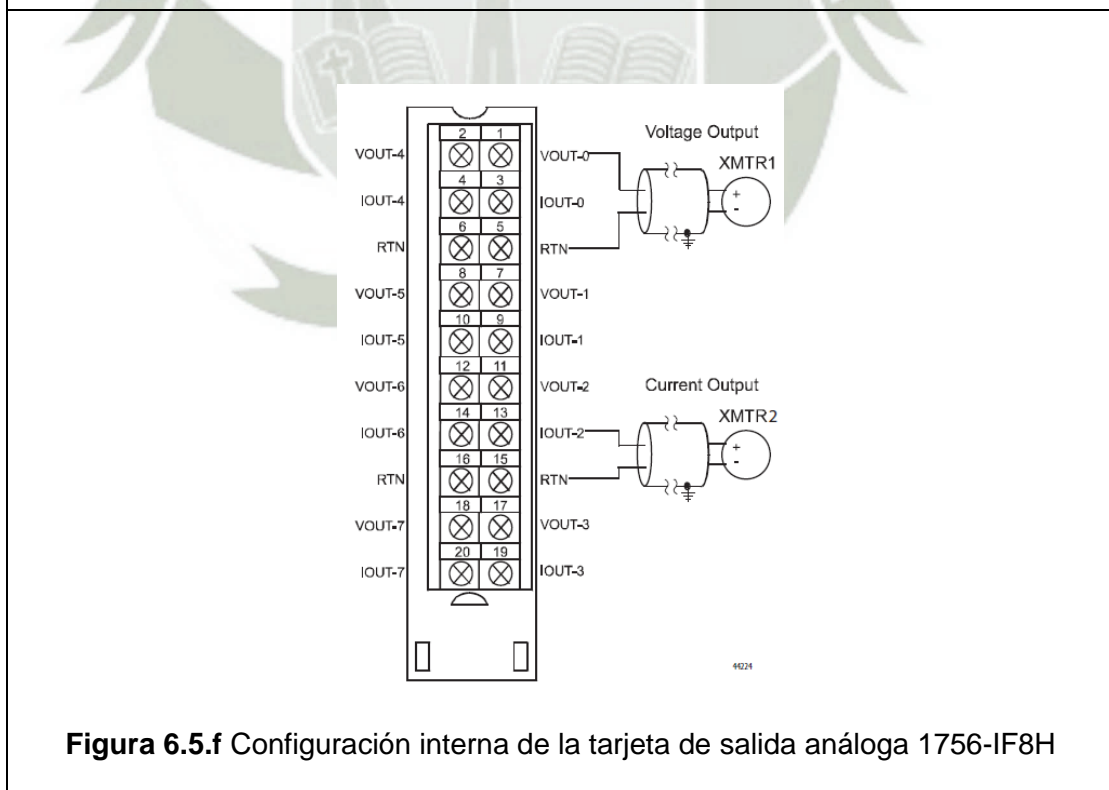


Figura 6.5.f Configuración interna de la tarjeta de salida analógica 1756-IF8H

Cada tarjeta de entradas y salidas, sea análoga o digital es agregada según su modelo a nuestro programa.

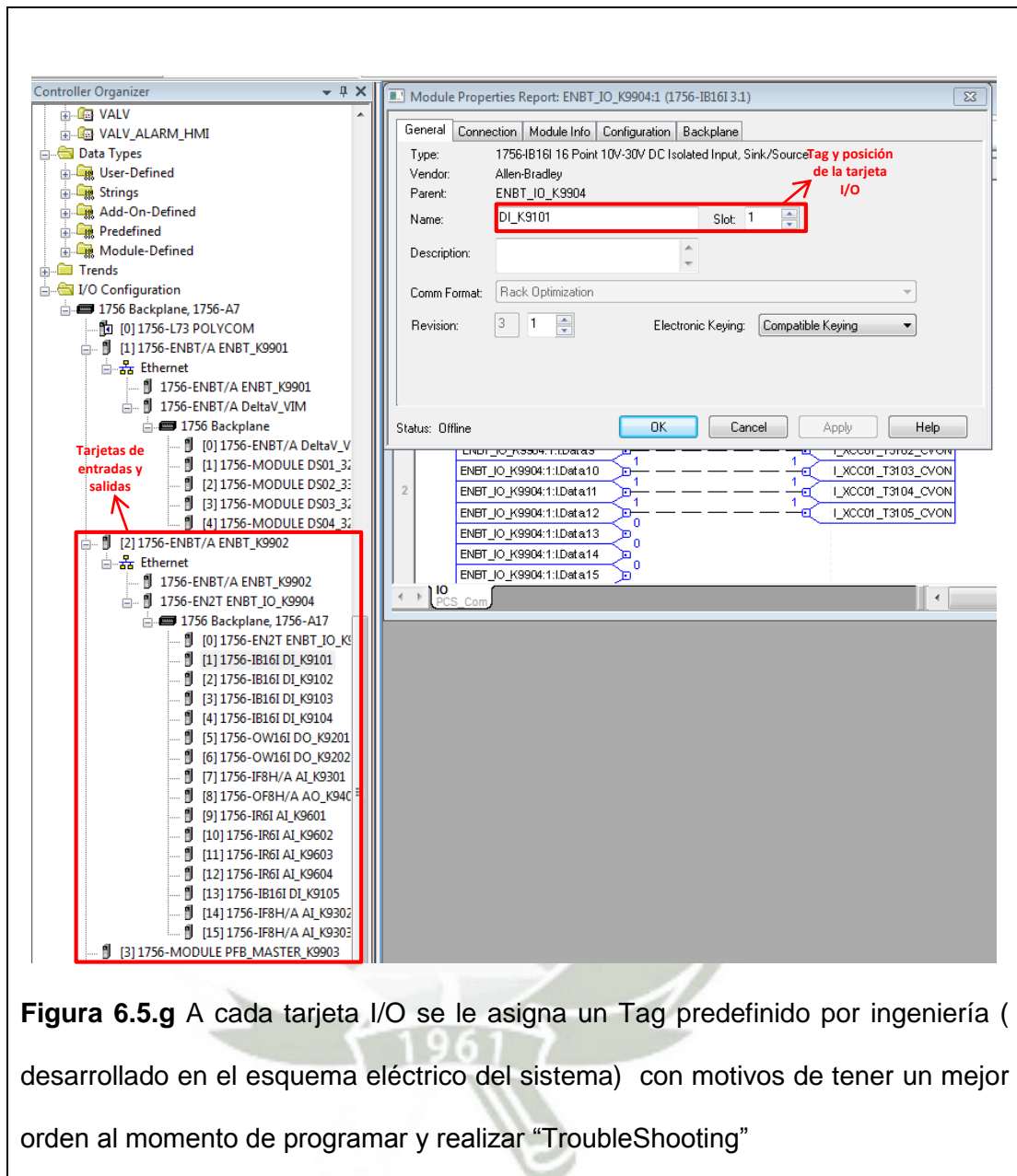
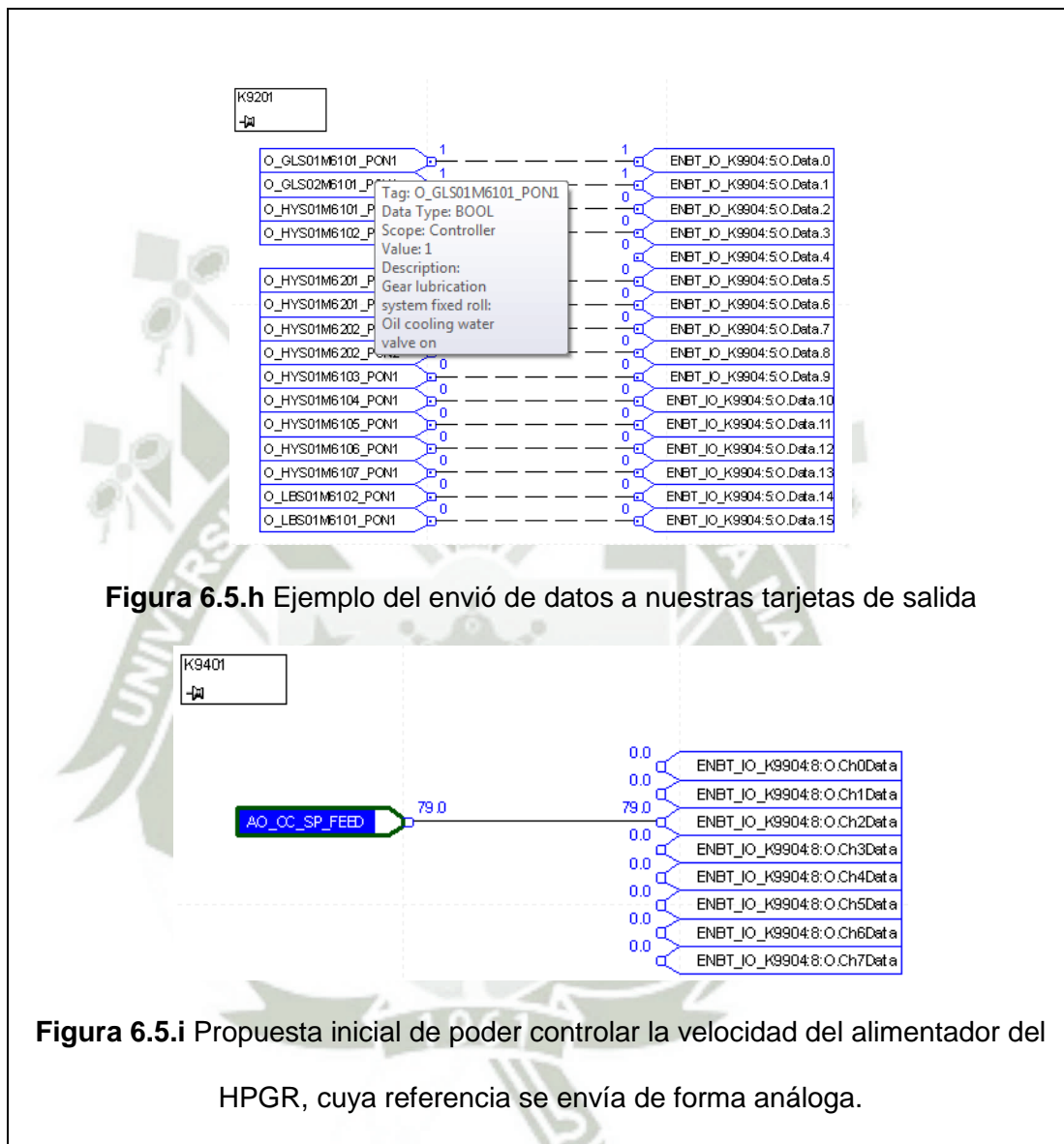


Figura 6.5.g A cada tarjeta I/O se le asigna un Tag predefinido por ingeniería (desarrollado en el esquema eléctrico del sistema) con motivos de tener un mejor orden al momento de programar y realizar “TroubleShooting”

Así como recibimos datos tanto digitales como análogos, también tenemos en cuenta que enviaremos información a nuestras salidas digitales (como enviar comando de apertura de alguna electroválvula para el sistema de

refrigeración por agua) o lo que fue un concepto inicial, el de controlar directamente la velocidad del alimentador de mineral del cliente.



6.6 Pruebas de Lazo con VFDs vía profibus.

Así como recibimos y enviamos datos de campo necesitamos hacer lo mismo con los dos variadores que usaremos los cuales son ABB.

Estos variadores usaran una configuración “Master-Slave”, es decir que solo necesitamos comunicarnos con el esclavo, mas no enviar palabras de control pues este esclavo seguirá todas las ordenes que reciba el Maestro.

Para comunicarnos usaremos el protocolo Profibus usando como interface una tarjeta Profibus Molex el cual usa un software complementario llamado SST Molex, este es muy sencillo de utilizar pues simplemente necesitamos un archivo .GSD que el proveedor de ABB debe darnos, con esto configuramos nuestra tarjeta.

Usualmente el área de ingeniería de Thyssenkrupp ya envía pre-configurado el archivo .sst para el Profibus, simplemente hay que cargarlo a la tarjeta lo cual es muy sencillo.

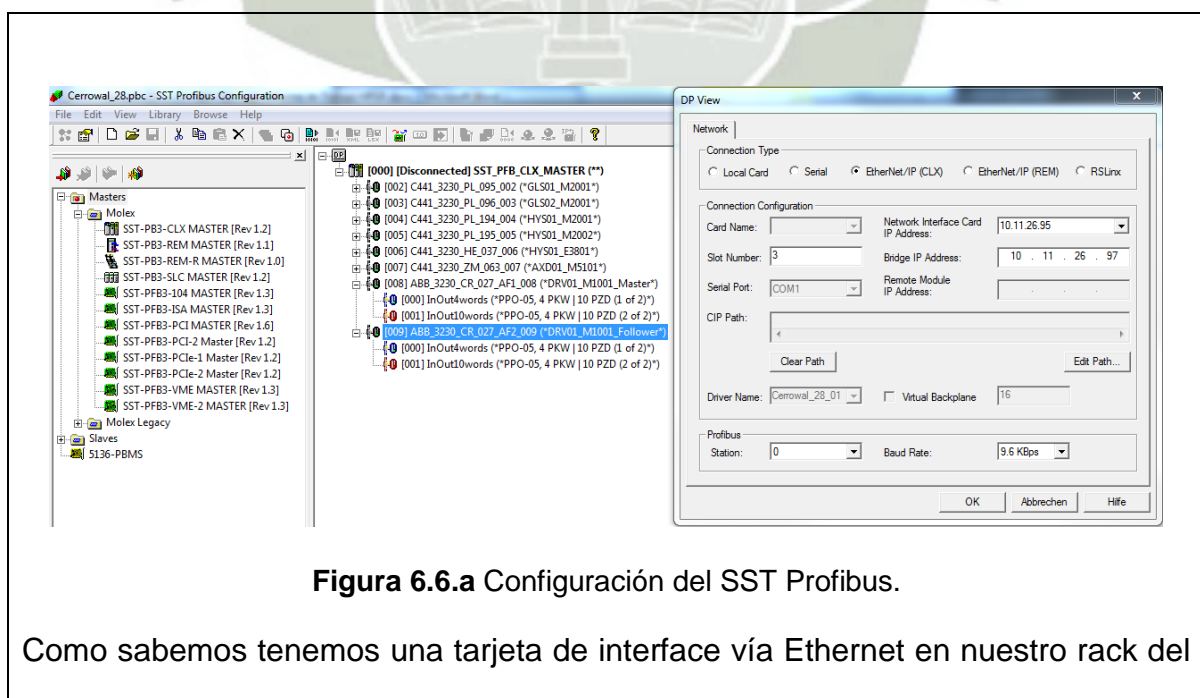


Figura 6.6.a Configuración del SST Profibus.

Como sabemos tenemos una tarjeta de interface vía Ethernet en nuestro rack del

PLC, entonces usaremos esa tarjeta para hacer nuestra descarga de configuración a nuestra tarjeta Molex, para ello en el “network configuration” del SST, en la pestaña de Ethernet/IP indicamos el numero IP de nuestra tarjeta Ethernet el cual fue configurada con 10.11.26.97 entonces ya con esto nos podremos comunicar con la tarjeta Molex y realizar la descarga.

Una vez se realiza la descarga se procede a revisar la documentación que ABB nos da, con respecto al orden de señales que ellos deben enviar y recibir para nosotros configurar en el Rslogix.



PPO5	DS	ABB	DS1			DS3			DS5			DS7
	DW	ABB	DW1.1	DW1.2	DW1.3	DW3.1	DW3.2	DW3.3	DW5.1	DW5.2	DW5.3	DW7.1
	Par	ABB	90.1 706	90.2 324	90.3 1901	90.4	90.5	90.6	90.7	90.8	90.9	90.10
	REF#	ABB	OCW	REF 1	IBCW1	-	-	-	-	-	-	-
	REF#	POL	PCW*	OI*	-	-	-	-	-	-	-	-
	ACT#	POL	PSW	SI	EI	-	-	-	-	-	-	-
	ACT#	ABB	MSW	SPD	POWER	TORQ	FW1	FW5	SW IO2	-	-	CURR
	Par	ABB	91.1 801	91.2 103	91.3 110	91.4 108	91.5 901	91.6 905	91.7 809	91.8	91.9	91.10 107
	DW	ABB	DW2.1	DW2.2	DW2.3	DW4.1	DW4.2	DW4.3	DW6.1	DW6.2	DW6.3	DW8.1
	DS	ABB	DS2			DS4			DS6			DS8

Abbreviations:

General terms					
OCS	Overriding Control System	OCW	Overriding Control Word Details see chapter 2.4	Par	ACS1000 Parameters
DS	Data Set	MSW	Main Status Word Details see chapter 2.6	POWER	Shaft Power
DW	Data Word (16 Bits)	REF 1	Reference Speed 1	FW 1	Fault word 1
#	Drive number #	REF 2	Reference Speed 2	FW 5	Fault word 5
REF#	Signals from OCS to Drive#	ACW1	Auxiliary Control Word 1	TORQ	Actual Motor Torque
ACT#	Signals from Drive# to OCS	SPD	Actual Speed	SI	Actual Speed Feed-back Signal
PPO4	Profibus PPO-type 6 DW each direction	DISW1	Digital Inputs Status Word IOEC1 board	EI	Actual motor shaft power
PPO5	Profibus PPO-type 10 DW each direction	DISW3	Digital Inputs Status Word IOEC3 board	SW IO2	DI Status Word IOEC2
DE	Bearing Temperature Drive End	NDE	Bearing Temperature Non Drive End	CURR	Actual Apparent Current
IBCW1	Overriding Auxiliary Control Word – user defined	spare	Can be freely used by any signal	-	Not used by OCS
ABB	Rows containing ABB names of signals	POL	Rows contain POLYSIUS names of signals	PCW	Polysius specific Control Word Details see chapter 2.5
PSW	Polysius specific Status Word Details see chapter 2.7	OI	Reference Speed by Profibus, send value zero if Analog Input is used for Reference speed	SI	Actual Speed
EI	Actual Power				

Figura 6.6.b Señales Profibus entre PLC y VFD – ACS1000

Lo que se muestra es un cuadro que está dentro del documento que nos da ABB, aquí podemos apreciar la distribución de señales que recibiremos y debemos enviar al VFD.

Cada palabra de dato consta de 16 bits, lo suficiente como para enviar un “array binario” de estados o de control, así como valores análogos tales como corriente, torque, velocidad referencial y temperaturas del motor.

Drive	ACS 1000 Signal Description	Signal Type	ACS 1000 Name Bit No
OCW = 16 Bit OverrControlWord 7.06 From OCS via Profibus to ACS1000			
M	Cmd to Close MCB =1 Cmd to Open MCB =0	BIN	MCB ORD ON OVERR OCW Bit 00
M	No OFF2 state =1 Cmd to ON INHIBIT state =0	BIN	OFF2 (Emerg-OFF) OCW Bit 01
M	No OFF3 state =1 Cmd to ON INHIBIT state =0	BIN	OFF3 (Emerg-STOP) OCW Bit 02
M	Cmd to RDYREF state =1 Cmd to normal STOP =0	BIN	RUN OCW Bit 03
M	No other activities =1 RAMP_OUT_TO_ZERO =0	BIN	RAMP_OUT_ZERO OCW Bit 04
M	No other activities =1 RAMP_HOLD state =0	BIN	RAMP_HOLD OCW Bit 05
M	No other activities =1 RAMP_INP_ZERO =0	BIN	RAMP_IN_ZERO OCW Bit 06
M	RESET with 0->1	BIN	RESET OCW Bit 07
M	INCHING1 =1 No other activities =0	BIN	INCHING_1 OCW Bit 08
M	INCHING2 =1 No other activities =0	BIN	INCHING_2 OCW Bit 09
M	OCS control enabled =1 OCS control disabled =0	BIN	REMOTE_CMD OCW Bit 10
M	Select EXT2 Control Loc =1 Select EXT1 Control Loc =0	BIN	EXT_CTRL_LOC OCW Bit 11
M	Cmd Run Enable =1 Cmd Run Disabled =0	BIN	PROCESS_STOP OCW Bit 12
M		BIN	RESERVED OCW Bit 13
M		BIN	RESERVED OCW Bit 14
M		BIN	Not Used OCW Bit 15

Figura 6.6.c Tabla con los bits de control que se envían al VFD

Drive	ACS 1000 Signal Description	Signal Type	ACS 1000 Name Bit No
MSW = 16 Bit STATUS WORD 8.01 From ACS1000 via Profibus to OCS			
M/F	ReadyToSwitchMCB On=1 NotReadyToSwitchOn =0	BIN	RDYON=1 MSW Bit 00
M/F	ReadyToOperate =1 NotReadyToRun =0	BIN	RDYRUN=1 MSW Bit 01
M/F	Operation Enabled =1 Operation Inhibited =0	BIN	RDYREF MSW Bit 02
M/F	Fault =1 No Fault =0	BIN	TRIPPED MSW Bit 03
M/F	OFF2 inactive =1 OFF2 active =0	BIN	OFF_2_STA MSW Bit 04
M/F	OFF3 inactive =1 OFF3 active =0	BIN	OFF_3_STA MSW Bit 05
M/F	MCB On Inhibited =1 MCB On Enabled =0	BIN	ON_INHIBITED_MCB MSW Bit 06
M/F	Warning/Alarm =1 No Warning/Alarm =0	BIN	ALARM MSW Bit 07
M/F	Act.Val = Ref.Val =1 Act.Val ≠ Ref.Val =0	BIN	AT_SETPOINT MSW Bit 08
M/F	Ctrl Location REMOTE =1 LOCAL (Panel) =0	BIN	REMOTE MSW Bit 09
M/F	ActSpeed ≥ Limit32.03 =1 Act Speed < Limit32.03 =0	BIN	ABOVE_LIMIT MSW Bit 10
M/F	EXT2 CtrlLocSelected =1 EXT1 CtrlLocSelected =0	BIN	EXT_CTRL_LOC MSW Bit 11
M/F		BIN	Not used MSW Bit 12
M/F		BIN	Not used MSW Bit 13
M/F		BIN	Not used MSW Bit 14
M/F		BIN	Not used MSW Bit 15

Figura 6.6.d Tabla con los bits de estado que se recibirá del VFD

Como se observa en la estructura de comunicación PPO5 no tenemos suficientes palabras disponibles para él envío puntual de temperaturas, entonces sabiendo que la temperatura es una variable de cambio lento este será multiplexado con una simple lógica en el RSLogix.

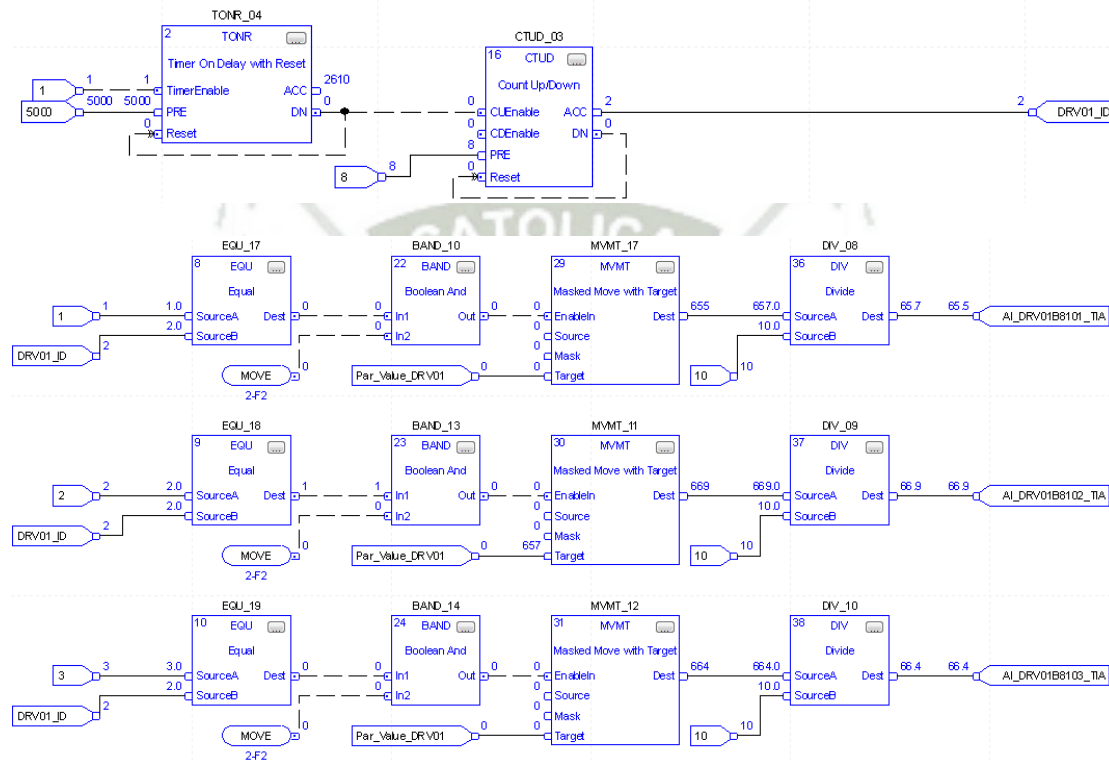


Figura 6.6.e Sub-rutina para la adquisición de temperatura.

En resumen creamos una variable “DRV01_ID” que funcionara como índice cuyo valor va del 1 al 8 (que son las 8 temperaturas del motor), entonces haciendo una comparación entre esta variable con la posición al que el valor de temperatura llega, se sobre-escribirá la temperatura en su correspondiente Tag (AI_DRV01B8191_TIA).

6.7 Elaboración de lógica de control

En este apartado se desarrollara todo de forma resumida y objetiva, tomando las sub-rutinas y lazos de control más importantes.

Para ordenarnos mejor con las sub-rutinas de control, estos los hemos dividido en 6 grupos principales:

- G00 – Subrutinas dedicadas para el arranque de los motores principales del HPGR
- G01 – Subrutinas dedicadas para el arranque de la unidad hidráulica del HPGR
- G02 and G03- Subrutinas dedicadas para el arranque del sistema de Lubricación del reductor y rodillos.
- G04 - Subrutinas dedicadas para el sistema de refrigeración.
- G05 – Subrutinas dedicadas para el sistema de apertura de las guillotinas del silo.

Empezaremos a explicar cada grupo con su función específica en orden.

6.7.1 G00 – Grupo principal y motores principales.

Según la estructura que manejamos en POLCID usamos bloques de funciones los cuales ya fueron creados por un departamento especializado en Alemania.

Estos Bloques (FB) tienen un nivel jerárquico a nivel de programa, donde para esta aplicación se usan.

- a) FB GROC – Control de grupos de funcionamiento.
- b) FB SEQU – Trabajos secuenciales

- c) FB UNID – Arranque de drives
- d) FB VALV o RVDL – Arranque de válvulas normales o reversibles.
- e) FB ALARM – Alarmas

Una vez explicado la estructura jerárquica que usamos en POLCID, sabemos que cada uno de nuestros grupos empieza con un GROC.

a) FB GROC – Control de grupos de funcionamiento.

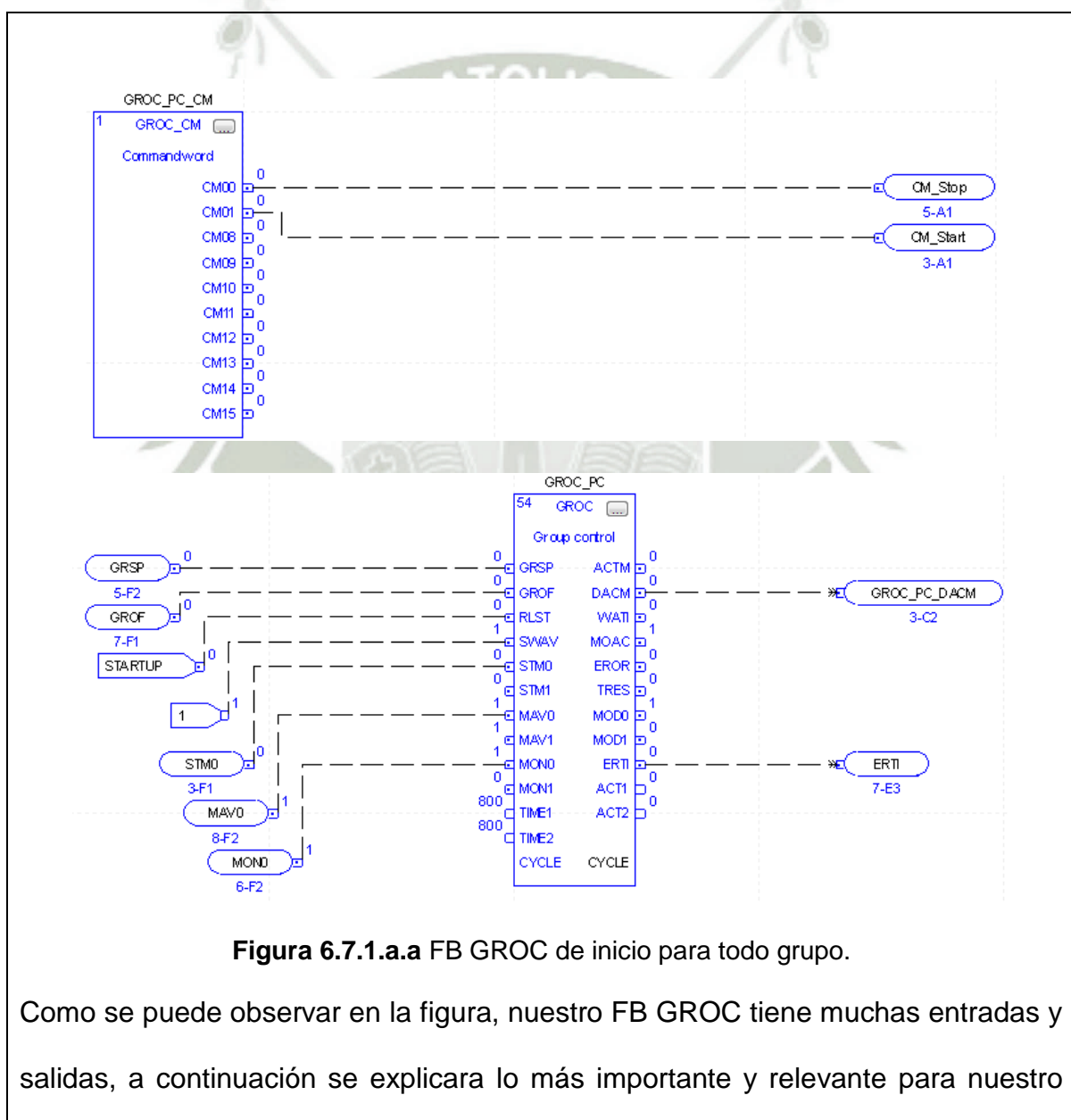


Figura 6.7.1.a.a FB GROC de inicio para todo grupo.

Como se puede observar en la figura, nuestro FB GROC tiene muchas entradas y salidas, a continuación se explicara lo más importante y relevante para nuestro

programa.

- **GRSP:** Comando de parada para la totalidad del grupo de accionamiento.
- **RLST:** Finaliza el tiempo de advertencia (WATI) e inicia el tiempo de autorización para inicializar los demás GROC secundarios.
- **GROF:** Se insertara siempre cuando están parados todos los accionamientos del grupo.
- **STM(I):** Comando de arranque para un modo de operación del grupo de accionamiento. La orden de arranque del operador está contenida en CM01 para el arranque y CM08...CM15 para el modo de operación elegido, es decir, CM08 para modo de operación 0, CM09 para modo de operación 1,...CM15 para modo de operación 7. A partir de estas marcas, así como de otras posibles, p. ej. enclavamientos técnicos del proceso, se genera la orden de arranque.
- **MON(I):** Mensaje de que todos los accionamientos relacionados con el modo de operación están en marcha, con lo que la fase de arranque ha finalizado, para nuestro caso estamos usando solo un modo de trabajo MON(0).
- **ACTM:** Comando de activación para la puesta en marcha de los accionamientos del modo de operación en cuestión, finalizando el tiempo de preparación, este es el bit que usaremos para dar pase a activar los demás GROC del resto de grupos.
- **DACM:** Comando para bajar los accionamientos del grupo.
- **WATI:** Define el tiempo de advertencia después de un comando de arranque válido, por ejemplo este tiempo se usa para la activación de sirenas que avisan a el personal que la máquina está arrancando.
- **MOAC:** Define el fin de la fase de arranque y el tiempo de la fase estacionaria

del Modo de operación.

- **EROR:** Define un fallo durante la fase 'ACTM' y 'MOAC'.

Para un mejor entendimiento de este FB GROC usaremos unas líneas de tiempo y le daremos explicación.

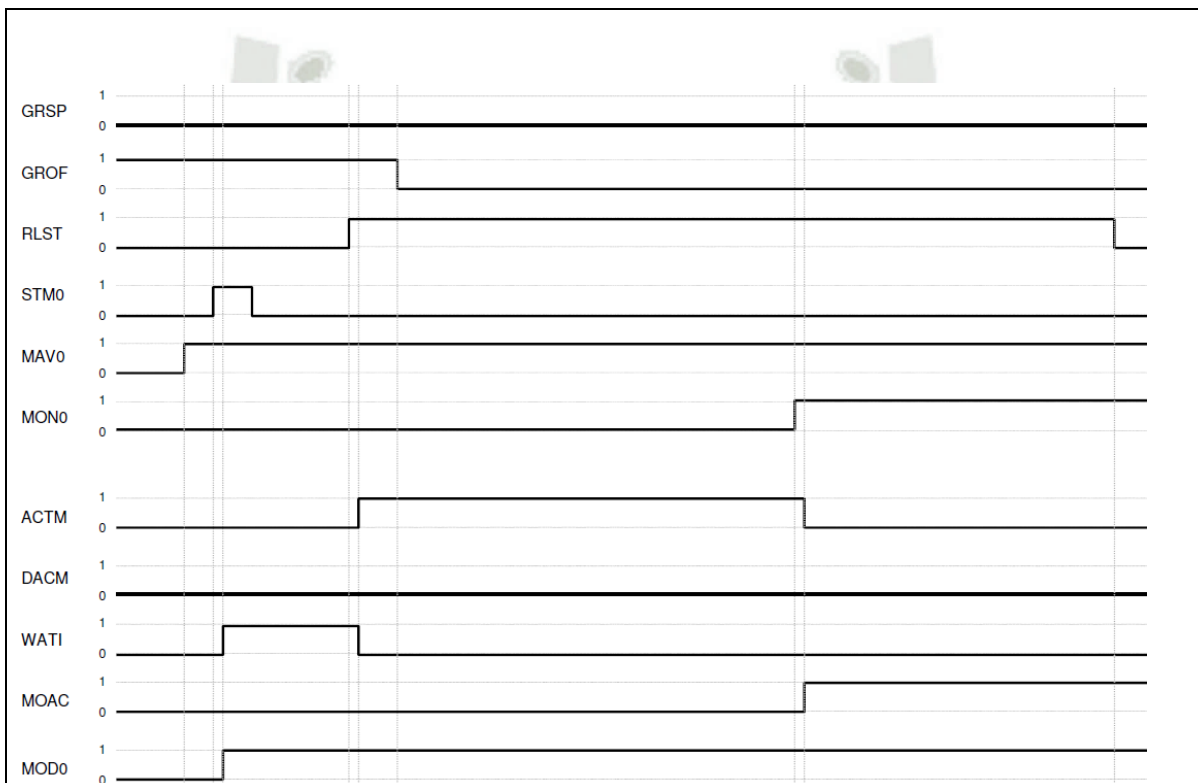


Figura 6.7.1.a.b FB GROC Arranque normal.

- Ante todo para dar arranque a nuestro grupo GROC necesitamos primero que la entrada **MAV(0)**, es decir nuestro modo de trabajo este habilitado, para el caso del HPGR, los grupos hidráulico, lubricación y refrigeración deben estar habilitados, además de que los motores no este encendidos (por algún accionamiento individual por modo mantenimiento).
- Una vez tenemos el **MAV (0)**, sea DCS o sea por control local, se puede

enviar a arrancar el grupo, con el bit **STM (0)**.

- Es entonces cuando nuestro GROC activa el bit de estado **WATI** y el bit **MOD(0)** ; **WATI** es el bit de estado transitorio que usamos para activar sirenas de aviso de que el HPGR está en proceso de arranque o “Build up”. El bit de estado **MOD(0)** es la indicación que se activó el modo de arranque 0 (**STM(0)**).
- Una vez deseemos terminar el funcionamiento de las sirenas, activaremos el bit **RLST**, este bit inicializa el bit de estado **ACTM**, este es el bit de estado que utilizaremos para activar nuestro **FB SEQU** (el cual explicaremos posteriormente).
- Nuestro **ACTM** finalizara una vez activemos el bit **MON(0)**, este bit lo usaremos para indicar que la secuencia de arranque de nuestro HPGR termino, donde como se explicó en la parte teórica los grupos G01 hasta el G05 se activaron bajo sus condiciones de operación, en resumen que los motores principales esté funcionando a su velocidad de “setpoint”, que el grupo hidráulico haya acumulado la presión de arranque parametrizada (normalmente es 90 BAR), que el grupo de lubricación en los rodillos este enviado los pulsos de grasa adecuadamente y que el reductor este siendo lubricado adecuadamente ; que las guillotinas del silo este completamente cerradas y finalmente que los rodillos se estén refrigerando adecuadamente.
- Entonces al obtener el **MON (0)** en 1 el bit de estado **ACTM** se pondrá a 0 y obtendremos un nuevo bit de estado que es el **MOAC**, este es el bit que nos indicara que el arranque del GROC está finalizado y fue satisfactorio.



Figura 6.7.1.a.c FB GROC Parada normal o emergencia.

Para proceder a parar el FB GROC es más sencillo aún, donde :

- Utilizaremos el bit **GRSP** para detener nuestro GROC, una vez activo este bit, el bit de estado **DACM** se pondrá a 1, el cual nos desactivara los bits **MOAC y MON (0)**, es entonces que con **DACM** activaremos la **SEQU** de parada del HPGR.
- Una vez terminada la secuencia de parada el bit MOD (0) se pondrá a 0 y el bit **GROF** tendremos que activarlo para indicar a la lógica de control, que el **GROC** está desactivado.

b) FB SEQU – Trabajos secuenciales

Siguiendo entonces la hegemonía jerárquica de nuestros FB del POLCID y a su vez explicando la función de nuestro grupo G00 explicaremos el principio de funcionamiento del FB SEQU.

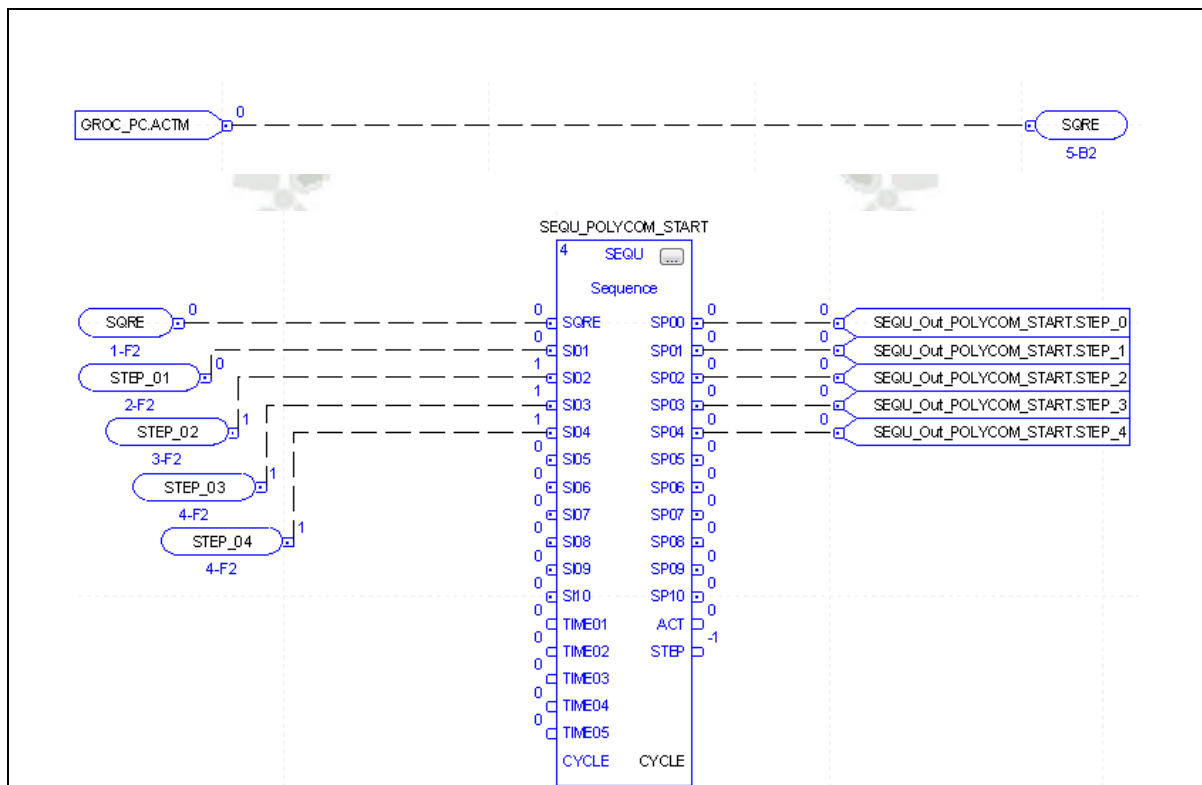


Figura 6.7.1.b.a FB SEQU – G00

Como indicamos en el apartado del **GROC** al obtener el bit de estado **ACTM** se iniciaría la secuencia de arranque o build-up del HPGR, es ahí donde entra nuestro **FB SEQU**, el cual es muy sencillo.

- Para activar el bloque simplemente debemos activar el bit **SQRE**, el cual nos dará pase para iniciar el “paso 0” (**SP00**) de la secuencia.
- Es en este paso donde inicializaremos parte del grupo hidráulico (G01) y el grupo de lubricación G02, es decir los rodillos del HPGR, con la ayuda del

grupo hidráulico deberán abrirse hasta una posición indicada por unos Limit Switch y el grupo de lubricación deberá empezar a enviar grasa a los rodillos.

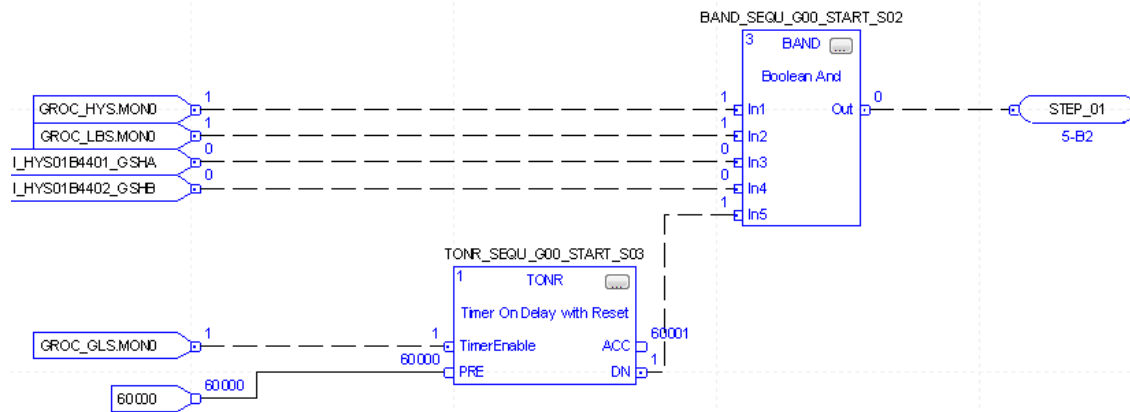


Figura 6.7.1.b.b Ejemplo de Salto de Paso.

- Una vez se hayan cumplido las condiciones establecidas por nuestra lógica daremos paso a nuestro bit **STEP_01**, el cual activara el bit **SI01**, es decir iniciaremos el paso 2 de la secuencia.
- Es en este paso es donde inicializaremos el arranque de nuestro dos motores los cuales son activados bajo un **FB UNID**.
- Terminado este paso, iniciaremos la activación del paso 2, **SI02**.
- Es aquí donde se indicara al grupo hidráulico **G01**, que el rodillo móvil debe ser cerrado hasta su tope, el cual esta fijo bajo un tope mecánico e indico bajo unos sensores de posicionamiento; usualmente el gap en el que trabajamos (separación de rodillo a rodillo) es de 40 mm.
- Además de cerrar el rodillo móvil, el sistema hidráulico debe almacenar una cierta presión de trabajo inicial el cual usualmente es 90 BAR.
- Terminado este paso se procede a activar el **SI03**, el cual simplemente

inicializara el **MON (0)** de nuestro **GROC**, indicando que la secuencia de arranque termino.

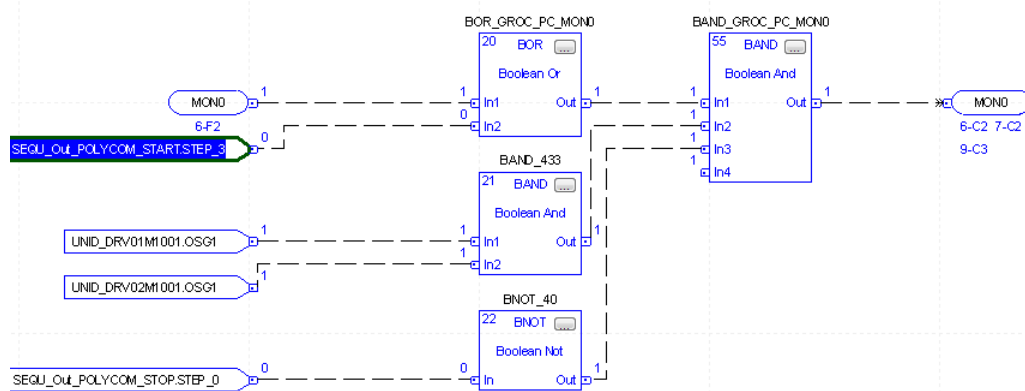


Figura 6.7.1.b.c Activación el bit MON (0) al terminar el paso 3 del SEQU.

- El último paso **SI04** estaba destinado para inicializar el cierre de la guillotinas de nuestro silo de material, más durante el proyecto se decidió realizar esta secuencia en el **SI03**.

c) FB UNID – Arranque de drives

Para el arranque de motores en POLCID procedemos a utilizar nuestro FB UNID, como lo explicamos en el desarrollo de SEQU, en el paso 1 **SI01** procedemos a accionar los drives principales del HPGR.

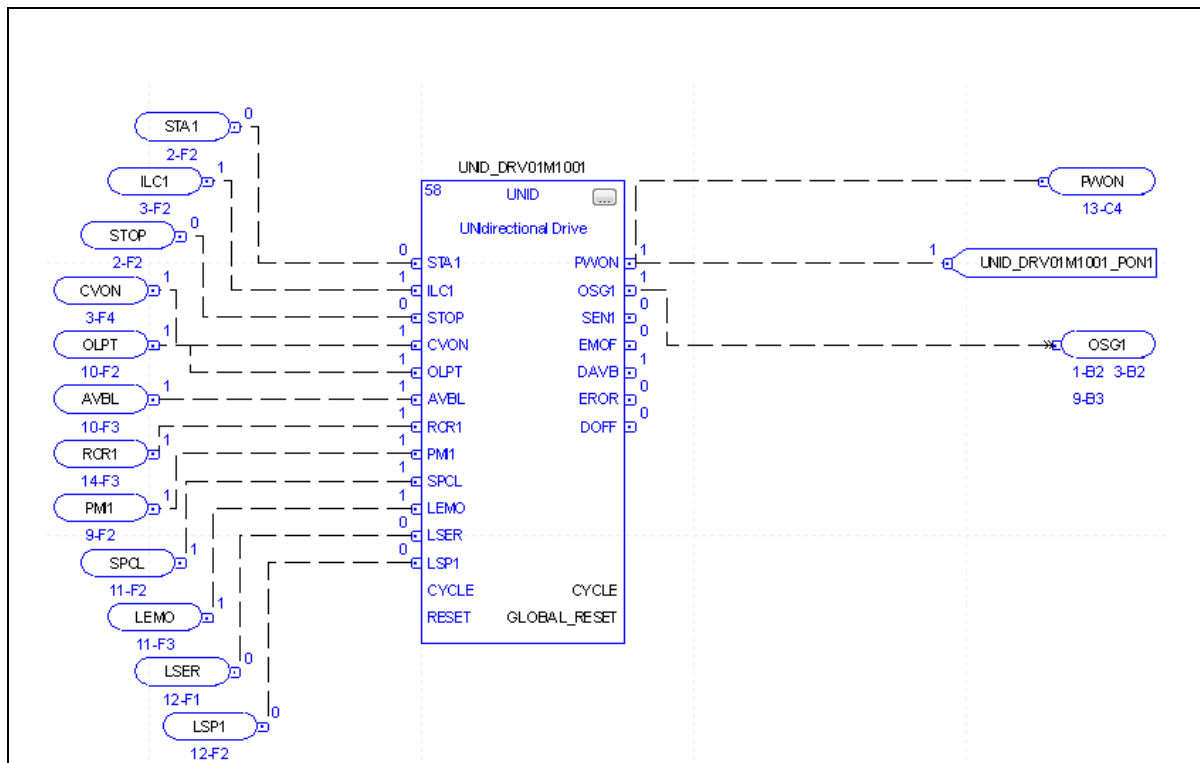


Figura 6.7.1.c.a FB UNID – G00.

Al igual que nuestro GROC, el UNID posee también muchos bits de entrada y bits de estado, explicaremos entonces como funcionan estos bits en función al **FB UNID**.

- Para tener una orden válida de arranque las siguientes señales deben estar activas: **STA1** (Orden de arranque), **ILC1** (“Interlocks” de campo), **AVBL** (Disponibilidad del sistema), **OLPT** (Protección contra sobrecarga), **LEMO** (Parada de Emergencia Desactivada) y **PMI1** (“Interlocks” de Tablero) y para la

orden de parada **STOP**. En este caso se activan la señal de autorización de arranque '**SEN1**' y el comando de marcha '**PWON**' (señales de activación para el CCM).

- Si habiendo ejecutado un comando de arranque válido se ha puesto a 1 la señal de acuse de recibo '**RCR1**' (Es decir que todos los estados del VFD necesarios para arrancar el motor están activados, se dará este bit o en caso de otro motor, que el arrancador de un status de habilitado) junto a la señal de control de número de Revoluciones '**SPCL**' (en el caso del motor principal, un sensor de "zero-speed*" constatará que el motor efectivamente está girando, lo cual habilitará este bit), el estado del mando va al auto enclavamiento. Éste se caracteriza por los bits de operación '**OSG1**', '**OPS1**' (Los cuales son los bits de estado que usaremos para otras funciones) y la anulación del comando de autorización de arranque '**SEN1**' con el comando de marcha '**PWON**' puesto. A partir de este momento se puede quitar el comando de arranque '**STA1**' sin arriesgar que el motor pare, pues ya está auto enclavado.

- El **FB UNID** se bloquea correctamente mediante la puesta a 1 del comando de parada '**STOP**' o mediante la ausencia del enclavamiento '**ILC1**'.

- El tiempo de vigilancia **TIME1** al arrancar el accionamiento en segundos, Indica en cuanto tiempo se tiene que meter el bit de recibo **RCR1**. Con Temporizado = 0 el retardo del arranque no se controla.

- Con las señales **SST1** y **SSTP** se puede arrancar el accionamiento. Se tienen en cuenta todas las señales de bloqueo. Las señales están puestas en paralelo respecto a las señales normales STA1 y STOP. Se utilizan por ejemplo para el arranque de un Drive en modo mantenimiento, haciendo caso a todos sus

protecciones e interlocks.

- Con las señales LSER, LST1 y LSP1 resulta posible la operación del accionamiento con interruptores, pulsadores externos o desde el puesto de mando. Con la señal LSER se conmuta el accionamiento a la operación local.

d) FB VALV o RVDL – Arranque de válvulas normales o reversibles.

- No Aplica para este grupo.

e) FB ALARM – Alarmas

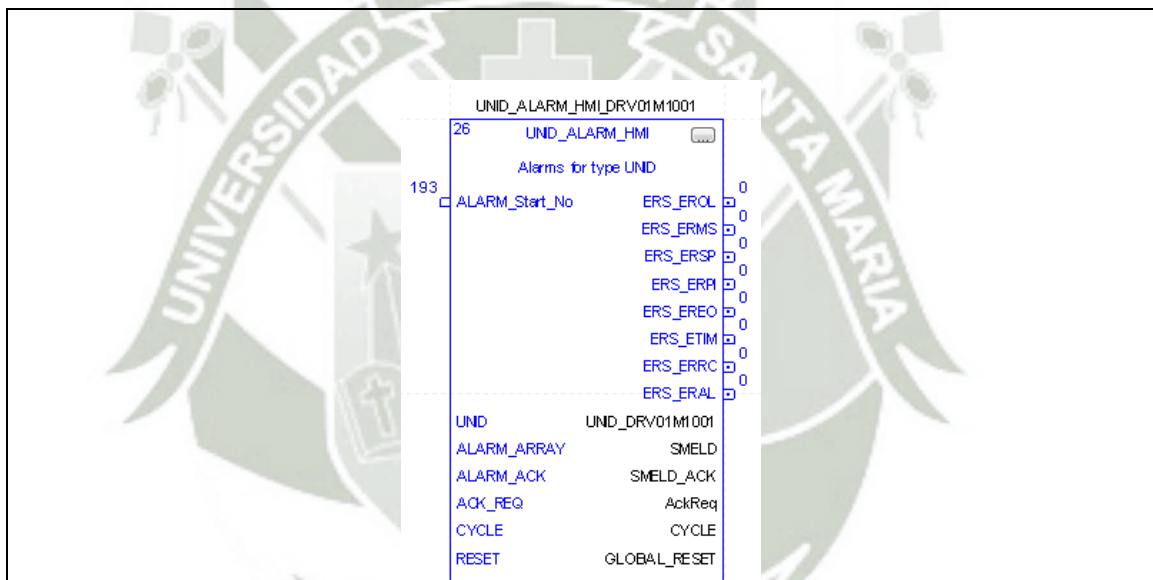


Figura 6.7.1.e.a FB ALARM – G00.

Con ayuda de este módulo pueden supervisarse señales individuales, sea de un bloque funcional ya existente como un FB UNID o para funciones individuales.

Después de un fallo de recibo acusado la entrada queda bloqueada de forma interna durante dos segundos, para que el sistema de mando pueda resetear el fallo.

Entonces como acotación final se podría decir que nuestro primer grupo G00, es el encargado de controlar a todo el proceso del Polycom (HPGR), además del accionamiento y supervisión de los 2 motores principales que se usa para girar los rodillos trituradores del HPGR.

6.7.2 G01 – Grupo para el accionamiento de la unidad hidráulica.

Una vez ya explicado las funciones y modos de trabajar de los FB que usamos en POLCID, se explicara de forma más rápida el tipo de función que tienen estos bloques para este grupo.

a) FB GROC – Control de grupos de funcionamiento.

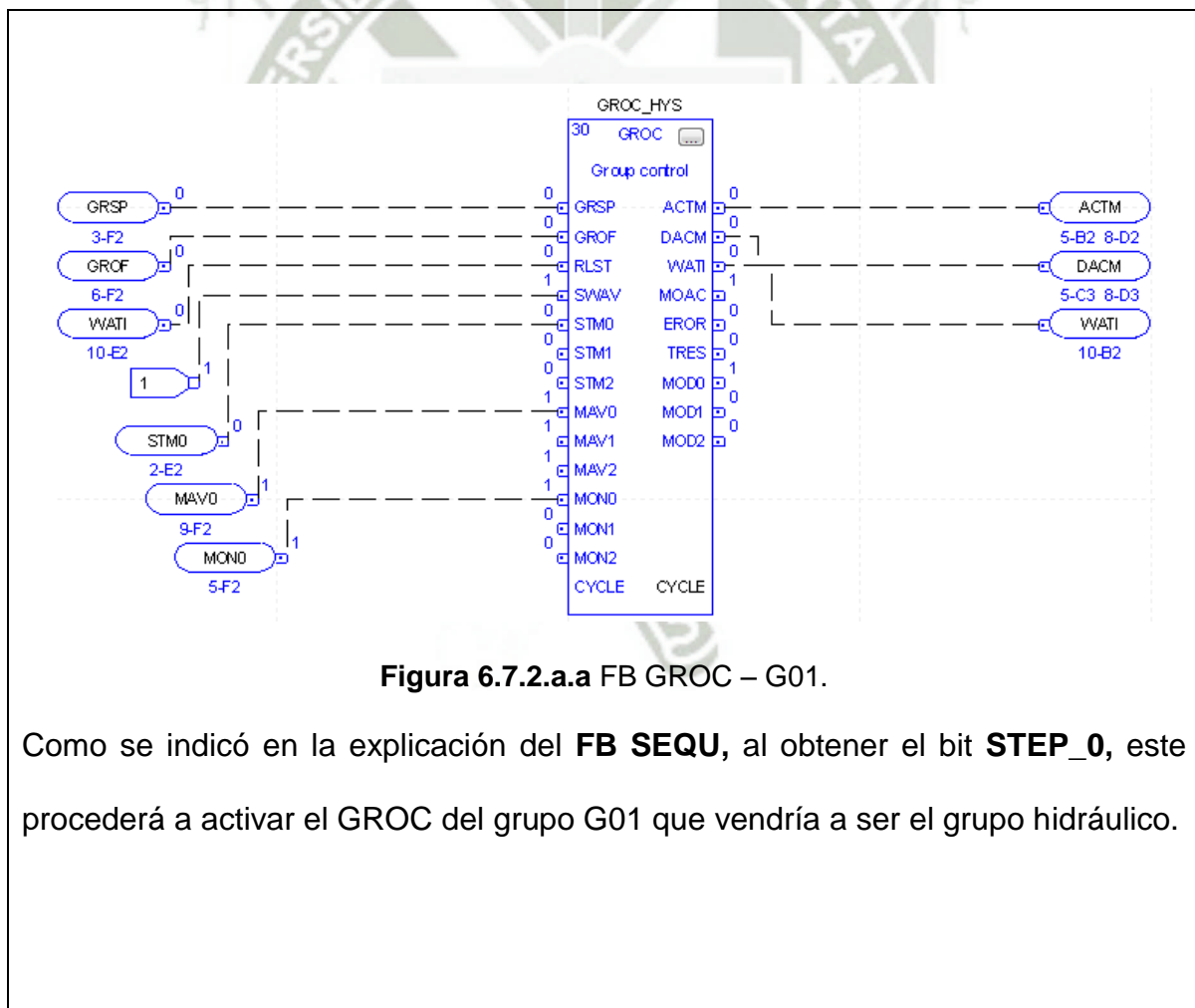


Figura 6.7.2.a.a FB GROC – G01.

Como se indicó en la explicación del **FB SEQU**, al obtener el bit **STEP_0**, este procederá a activar el GROC del grupo G01 que vendría a ser el grupo hidráulico.

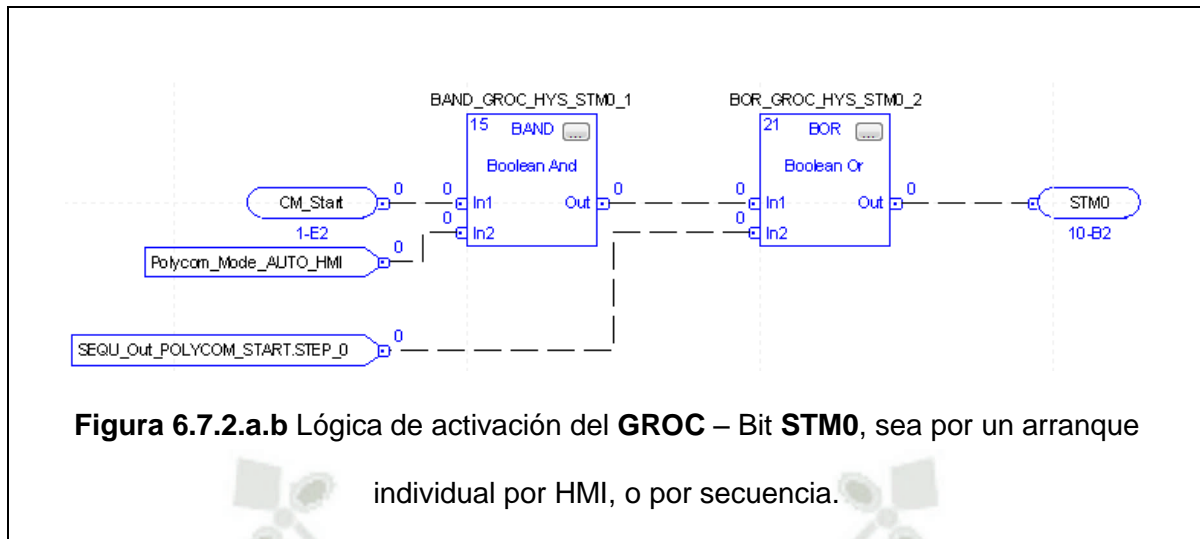


Figura 6.7.2.a.b Lógica de activación del **GROC** – Bit **STM0**, sea por un arranque individual por HMI, o por secuencia.

b) FB SEQU – Trabajos secuenciales

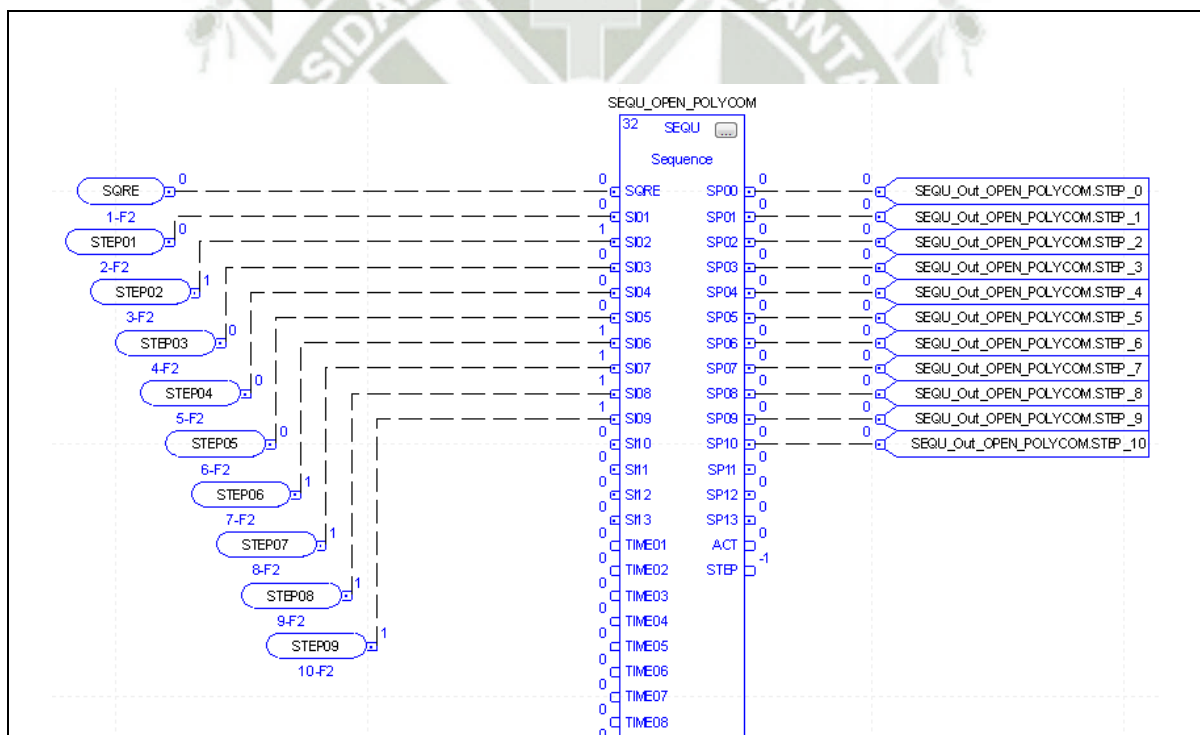


Figura 6.7.2.b.a FB SEQU – Primera secuencia de apertura de rodillos.

Entonces el primer paso para el arranque de nuestro HGPR será la apertura de los rodillos, para eso precisamos de nuestro sistema Hidráulico, el cual precisa de 8 funciones activas

Para entender mejor cómo funciona la apertura de los rodillos se mostrara el siguiente diagrama.

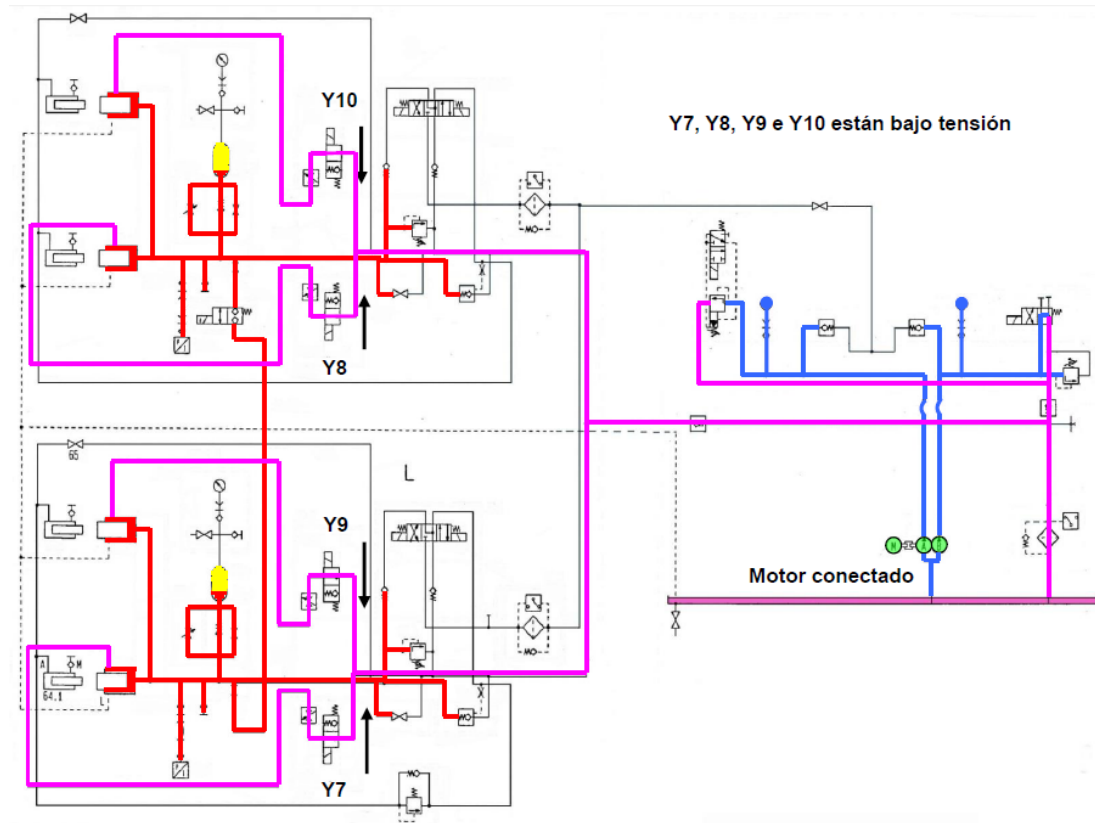


Figura 6.7.2.b.b FB SEQU – Configuración de alivio de presión.

Como Step_0, para la apertura de rodillos de nuestro Polycom, se procede a aliviar nuestro sistema hidráulico pues es posible que de algún proceso anterior hayan quedado algunos remanentes de presión en nuestro sistema, entonces por motivos de seguridad ese aceite acumulado debe retornar a nuestro tanque de aceite.

Para esto energizaremos las válvulas Y7, Y8, Y9, Y10 (**FB VALV**).

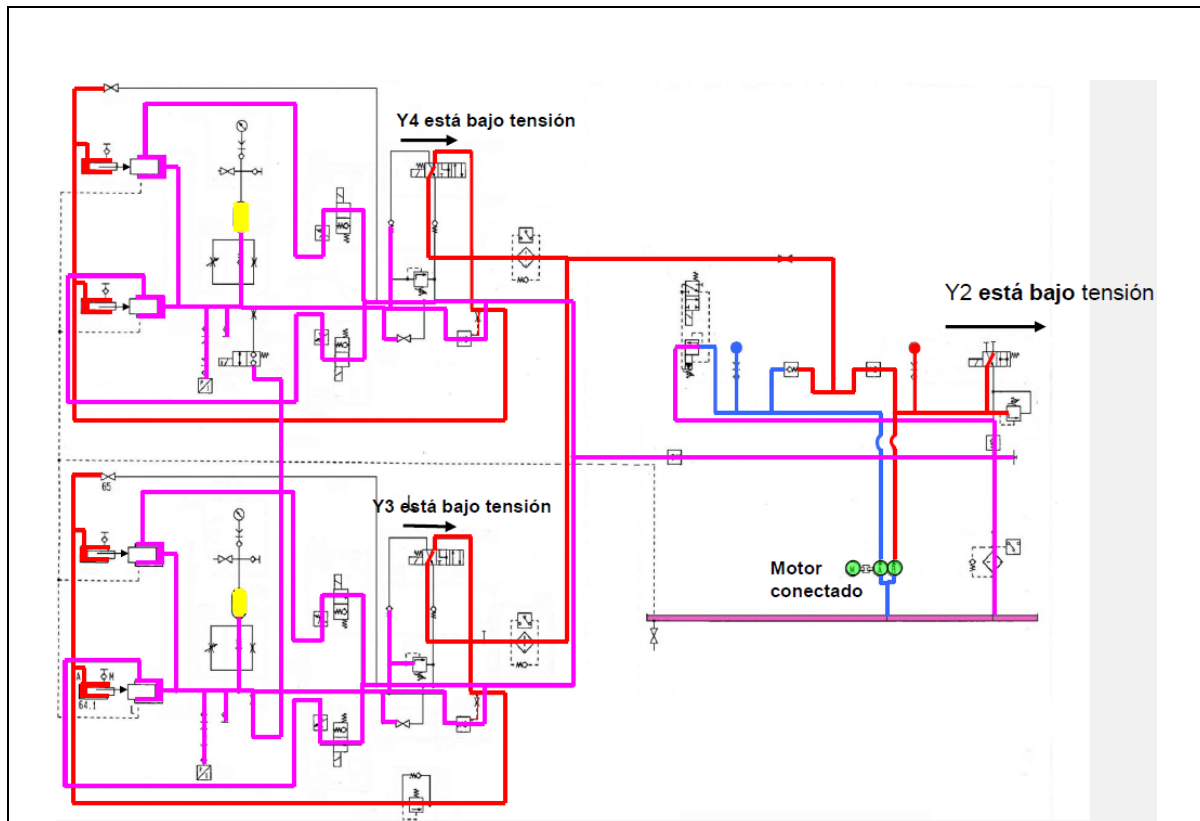


Figura 6.7.2.b.c FB SEQU – Diagrama de apertura de rodillos.

Prosiguiendo al STEP_01 se procede a energizar nuestras bombas Hidráulicas (Contamos con 2 bombas hidráulicas, mas solo una trabajara, esto por tener un sistema de redundancia; la selección de bomba se dará por HMI).

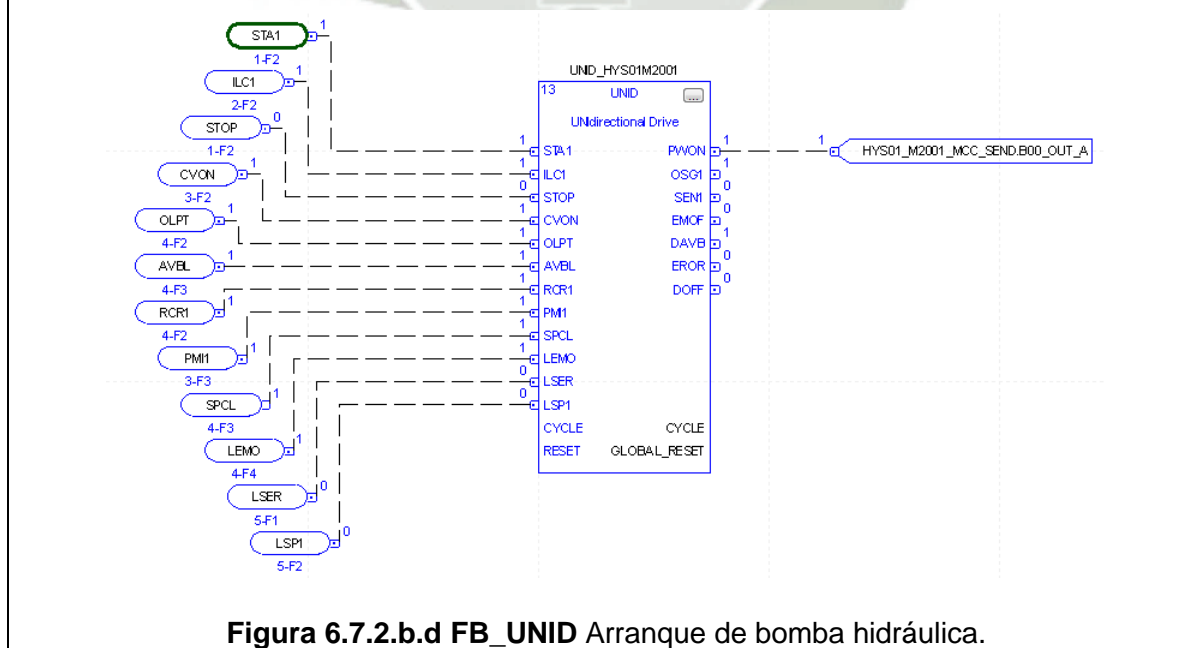


Figura 6.7.2.b.d FB_UNID Arranque de bomba hidráulica.

Una vez confirmado la activación de la bomba hidráulica viene el STEP_02, donde energizaremos las válvulas Y3 y Y4, los cuales permitirán el paso de aceite a los pistones de retorno del sistema Hidráulico.

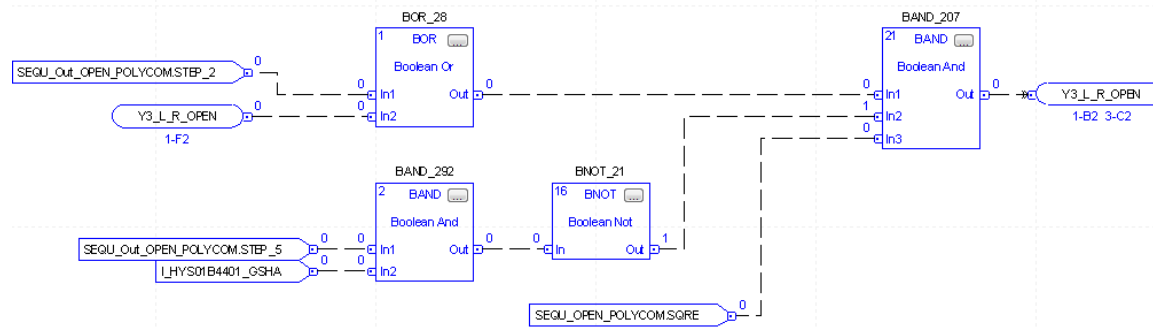


Figura 6.7.2.b.e STEP_02 Energización de las válvulas Y3 y Y4

Es entonces donde proseguimos a un nuevo paso, **STEP_03**, es aquí donde se activara un modo especial llamado “Off_Tracking” cuya funciona es monitorear el periodo de apertura del rodillo, velando por que no suceda ningún desalineamiento, es decir que la apertura del lado derecho no tenga mucha diferencia de distancia en diferencia al otro lado (+- 3 mm).

Para que este modo funcione, fue necesario crear 2 FB SEQU más, los cuales son **SEQU_OPEN_LEFT** y **SEQU_OPEN_RIGHT**.

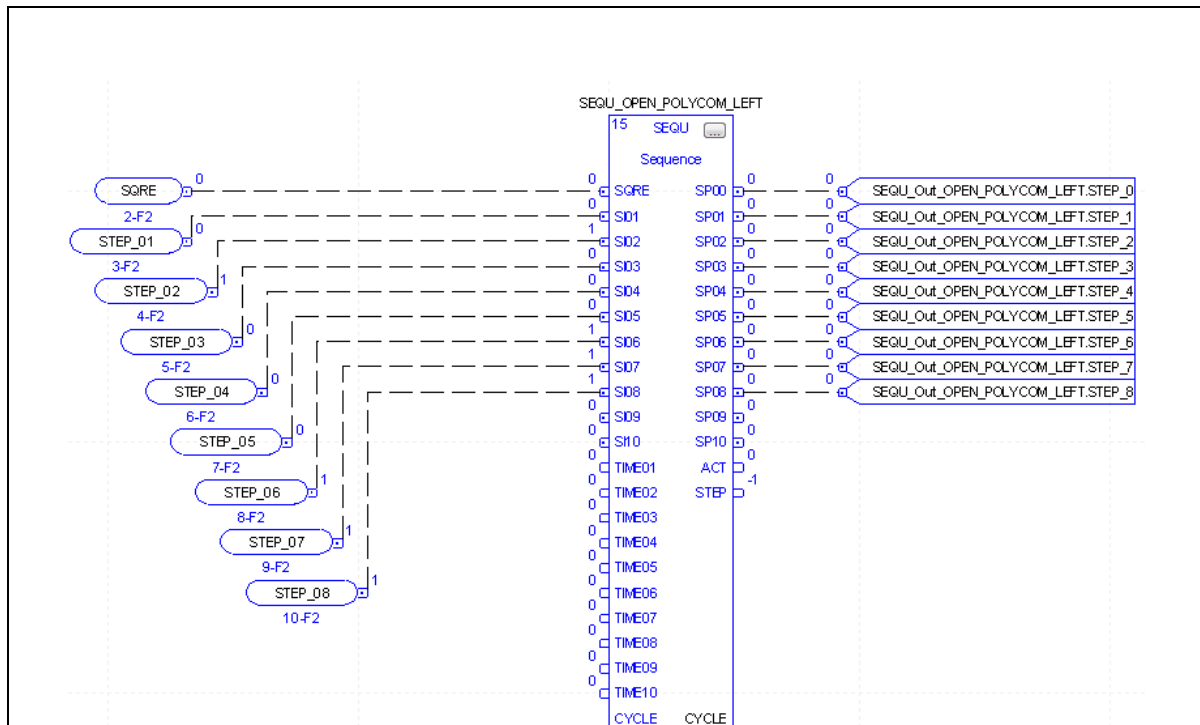


Figura 6.7.2.b.f SEQU_OPEN_POLYCOM_LEFT and RIGHT,

A modo de no extenderse más de lo necesario cabe decir que con estas secuencias, activaremos la válvula Y2 (**FB VALV Y2**, cuya activación está dada en el **STEP_04** de nuestro **FB SEQU Open Polycom** principal) para permitir el paso de aceite hacia las válvulas Y3 y Y4, y dependiendo de la diferencia de distancia entre los lados, Y3 y Y4 irán activándose o desactivándose.

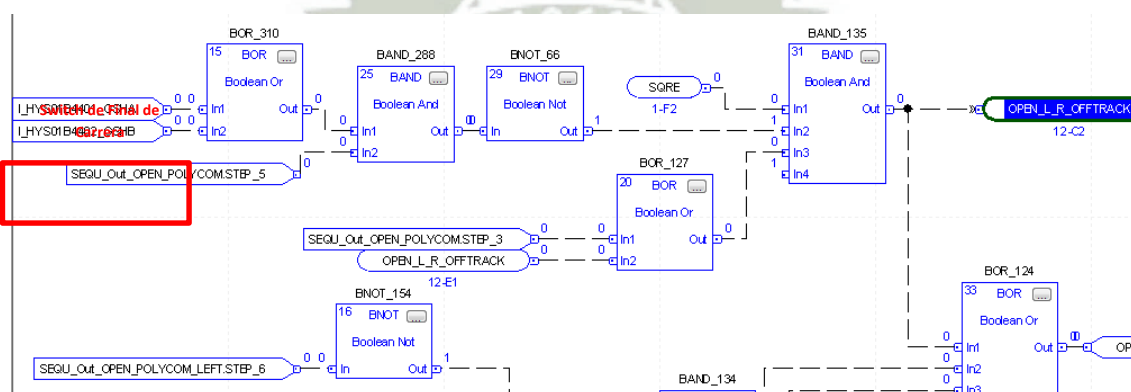


Figura 6.7.2.b.g Step_05 – Off Tracking Mode – OFF

Una vez tengamos la confirmación de los “switches” de fin de Carrera de los rodillos (**GSHA** y **GSHB**), cuales son instrumentos de campo, pasaremos a desactivar nuestro “**Tracking Mode**”, en el Step_05. Automáticamente pasaremos al Step_06, donde desactivaremos la válvula **Y2**.

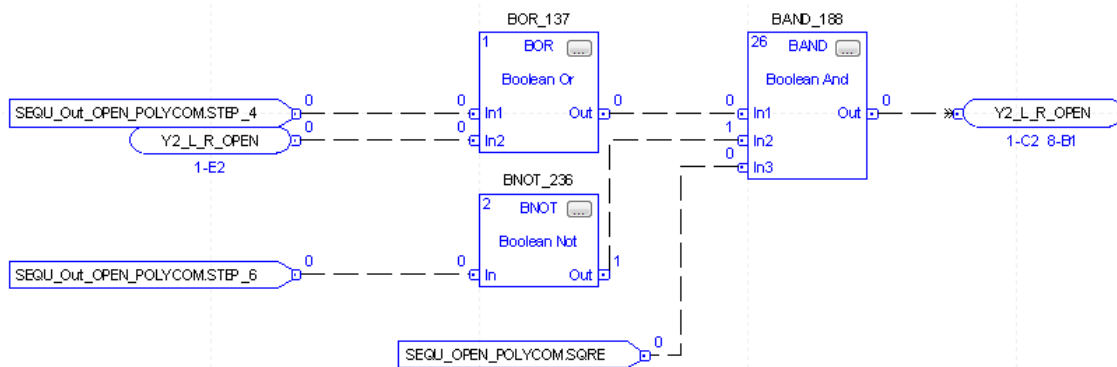
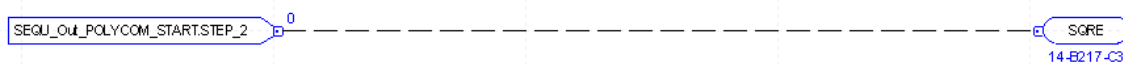


Figura 6.7.2.b.h Step_06 – Des-Habilitación del bit Y2

Finalmente en el **Step_07** las válvulas **Y7, Y8, Y9 y Y10** se desactivara. Nuestro **Step_08** es opcional, pues es aquí donde apagaremos nuestra bomba hidráulica, más esto solo sucederá si es que solo quisimos abrir el rodillo móvil del HPGR, pero para este caso de arranque de HPRG, debemos proceder a cerrar el Rodillo Móvil **una vez los motores se hayan activado (Step_01 - G00)**.



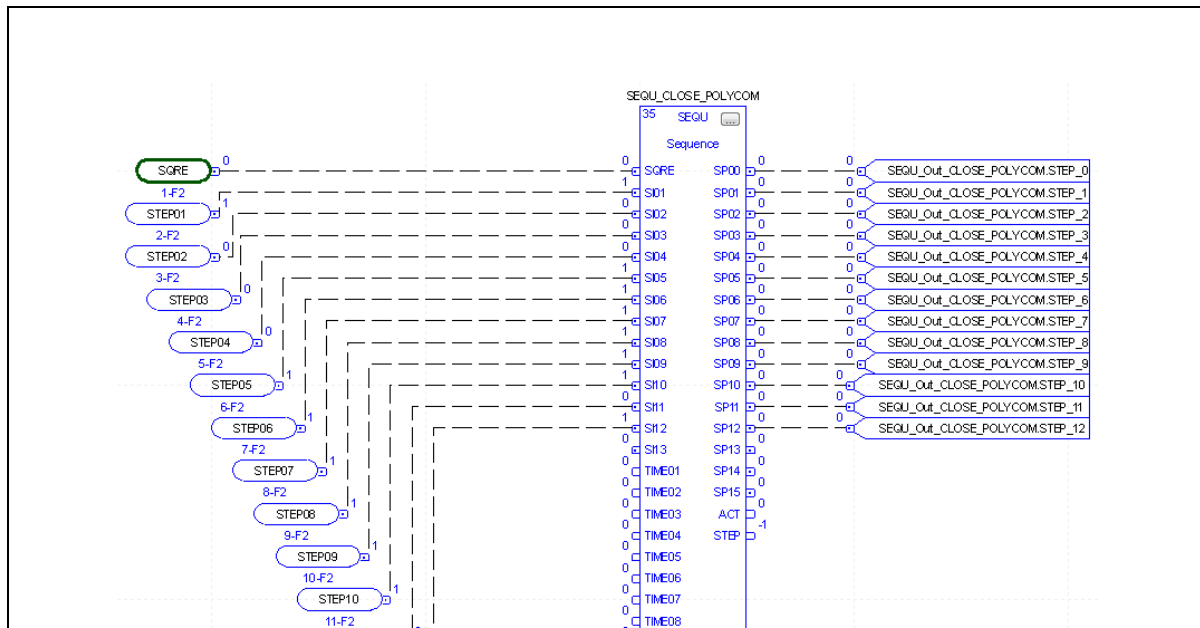


Figura 6.7.2.b.i FB SEQU_CLOSE_POLYCOM

Entonces una vez confirmado que el rodillo móvil se abrió y los sensores de final de carrera se activaron y que los motores de los rodillos se activaron, recibiremos del FB_SEQU principal (G00) un **Step_02**, con el cual para nuestro proceso de arranque del HPGR, deberemos cerrar el rodillo móvil hasta su valor **Zero Gap**. Este proceso es algo similar al proceso de apertura de rodillo.

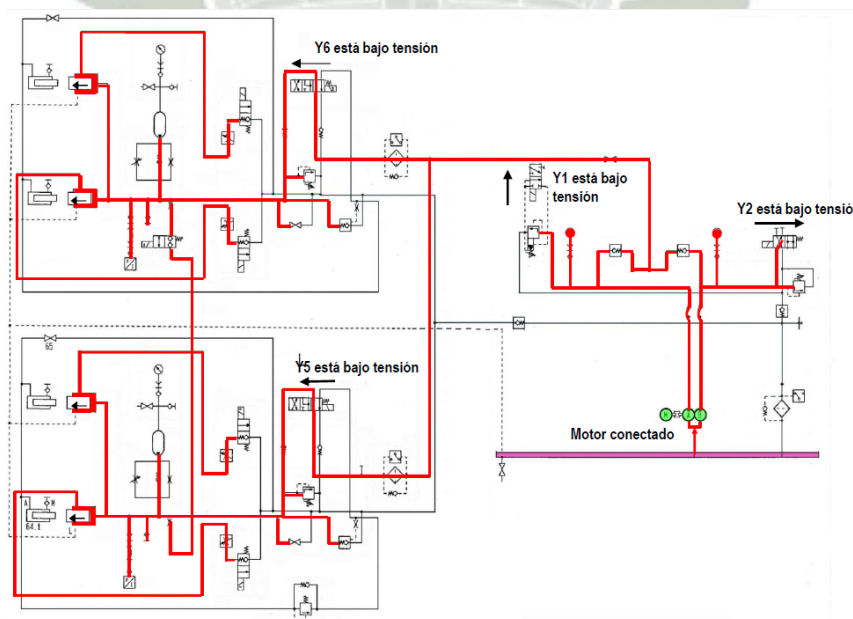


Figura 6.7.2.b.j – Diagrama de cierre de rodillo.

Para no extender más de lo necesario la explicación, cabe indicar que en nuestra secuencia de cerrado tenemos :

- **Step_00:** Se activara la bomba hidráulica, si es que esta no fue activada.
- **Step_01:** Se activaran las válvulas **Y5** y **Y6**.
- **Step_02:** Se activara el modo “**off tracking**”.
- **Step_03:** Se activaran las válvulas **Y2** y **Y2**, para que el aumento de presión sea más rápida.
- **Step_04:** Se dará la confirmación si es que el sistema hidráulico requiere de una limpieza de tuberías, si es así, el sistema entrara en modo “Scavenging”, el cual simplemente hará recircular el aceite por las tuberías sin activar nada.
- **Step_05 :** Al tener una presión de trabajo cercana a la presión de trabajo (90 Bar), es decir más o menos 85 bar, la válvula **Y1** se desactivará, para tener una mayor precisión con la válvula **Y2**, y así llegar de forma adecuada a los 90 Bar, adicional el modo “**Off Tracking**” se desactivara.
- **Step_06:** Una vez llegado a los 90 Bar las válvulas **Y5** y **Y6** se desactivaran.
- **Step_07:** La válvula **Y2** se desactivara.
- **Step_08:** Si la presión de trabajo no se mantiene en 90 bar por 1 min, las válvulas **Y2**, **Y5** y **Y6** se volverán a activar, para volver a obtener los 90 bar.
- **Step_09:** Dependiendo el caso, por ejemplo mantenimiento, la bomba hidráulica se apagara, si no es el caso, se pasara al siguiente paso.
- **Step_10:** Se activara la válvula **Y11**, el cual actúa como comparador de

presión entre ambos pistones, el cual vera que ambos lado tenga 90 bar equitativamente.

- **Step_11:** Una vez confirmado los 90 Bar en ambos lados, la válvula Y11 se desactivara y dará por finalizado el proceso de cerrado y “Build Up” de rodillo.

c) FB UNID – Arranque de Drives

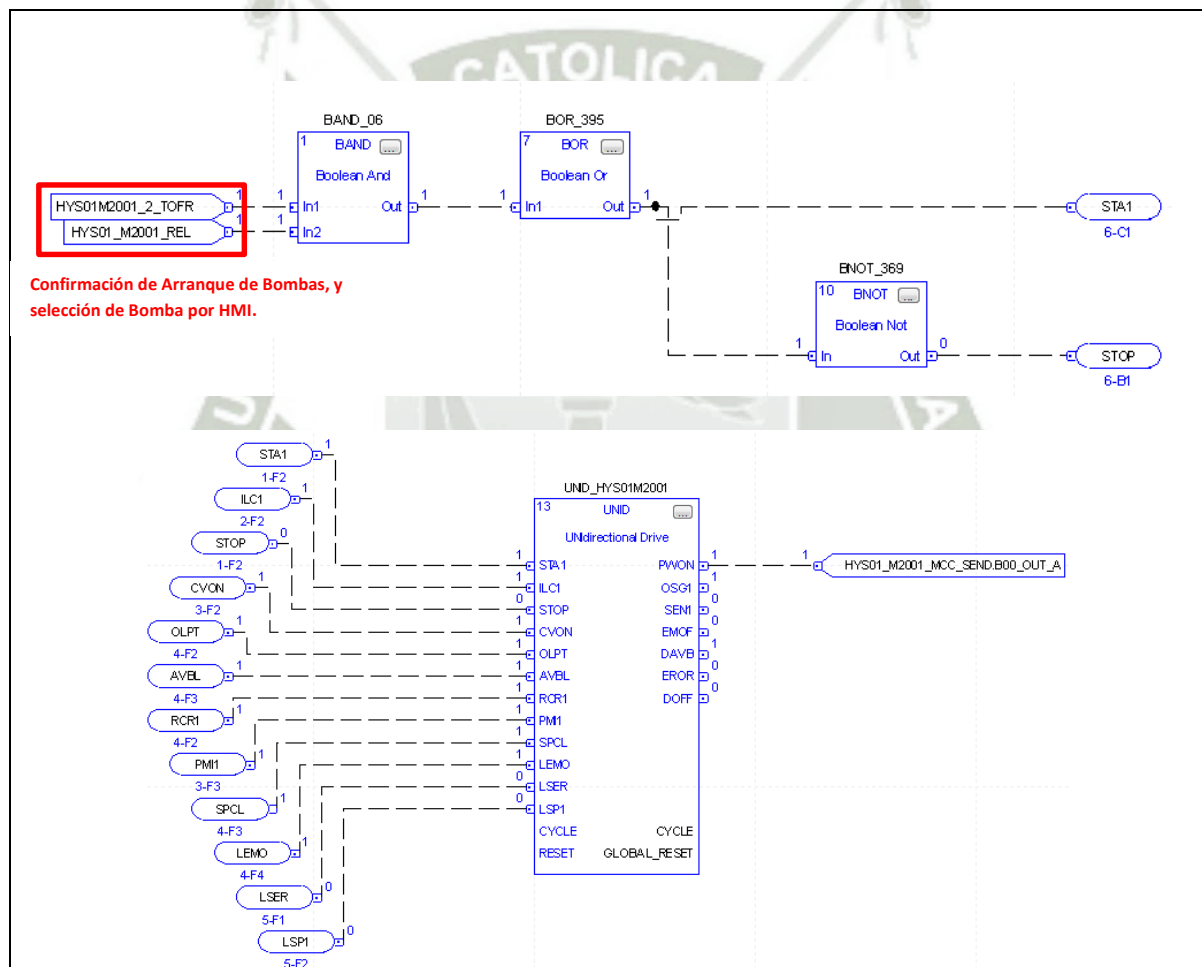


Figura 6.7.2.c.a – FB UNID – Bomba Hidráulica

Como se explicó ya anteriormente en cómo funciona nuestro FB UNID, en este caso necesitamos que todas las protecciones estén activadas (**ILC1**, **OLPT**,

PMI1) el CCM o arrancador de la bomba, deberá enviarnos la señal de **AVBL**, confirmando que la bomba se puede arrancar, y también nos dará el **RCR1** como confirmación de arranque de iniciada.

Al no tener un sensor **Zero Speed**, el **SPCL** se forzara a 1

d) FB VALV o RVDL – Arranque de válvulas normales o reversibles.

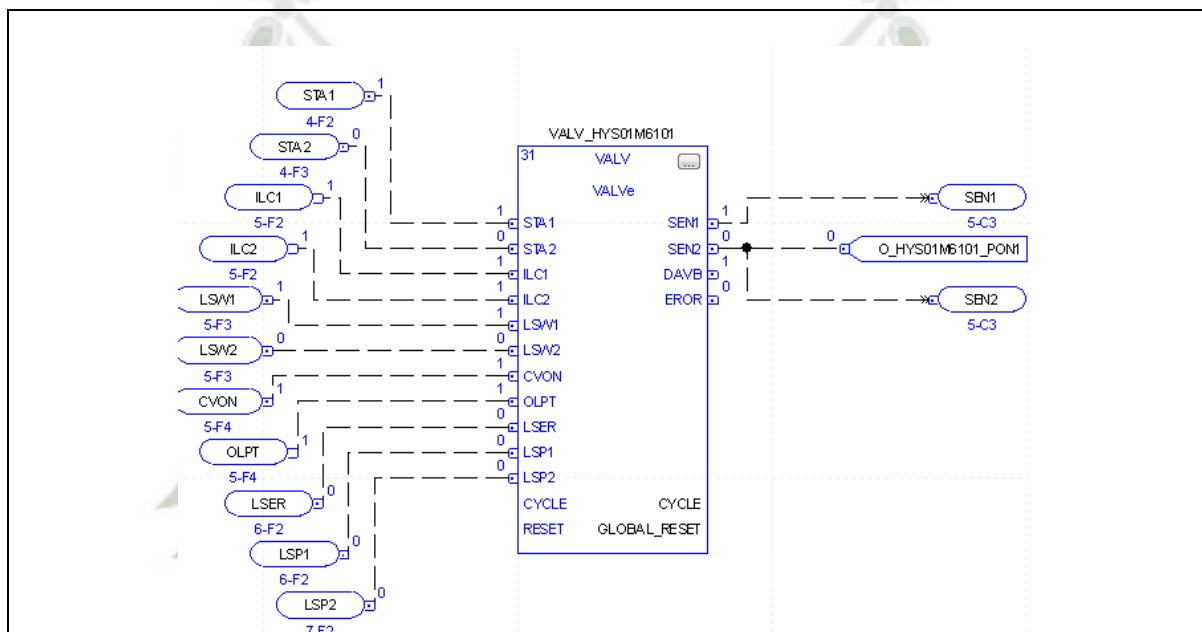


Figura 6.7.2.d.a – FB VALV – Electroválvulas

Este FB funciona de forma muy similar al FB UNID con algunas diferencias.

- Para este FB tenemos dos comandos de arranque **STA1** y **STA2** con los cuales se indicara hacia qué posición de la válvula se desea que vaya.
- Nuestra confirmación de accionamiento de válvula o de fin de carrera de la válvula debería ser ingresada en los parámetros **LSW1** y **LSW2**.
- Para algunas válvulas tenemos “switches” de fin de carrera, más para otras no, por ende simplemente se cierran los loops con los bits **SEN1** y **SEN2**.

- Al igual que el FB UNID, también tenemos los bits ILC1/2, OLPT, CVON, mas ya no tenemos el comando STOP, pues se reemplazó con el segundo START.

e) FB ALARM – Alarmas

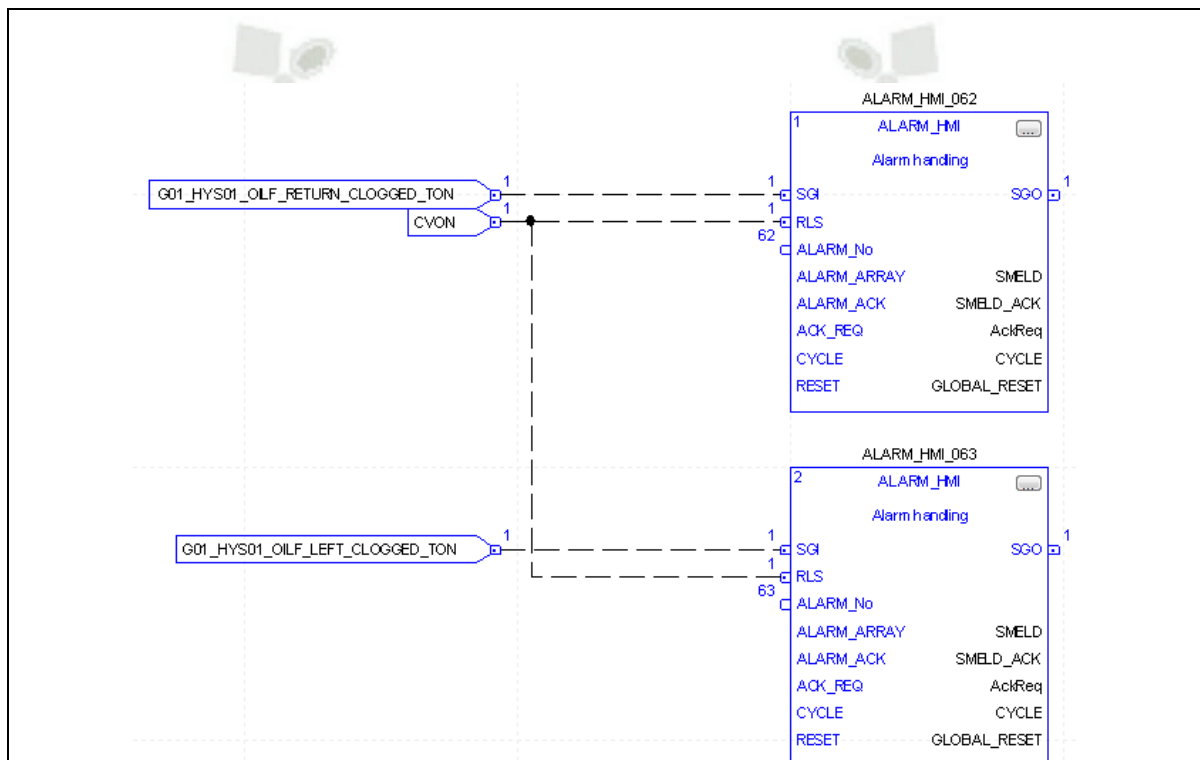


Figura 6.7.2.e.a – FB ALARM – Eletroválvulas

Al igual que con el **G00** usamos estos FB para indicar las alarmas de nuestro grupo (**G01**), sean propios de nuestro FB principales (**GROC, SEQU, UNID, VALV**) o sean alarmas independientes las cuales serán almacenadas en un array llamado **SMELD**.

6.7.3 G02 – Grupo para el sistema de lubricación - reductor.

Este grupo se encarga simplemente del accionamiento de nuestro sistema de lubricación para el reductor del motor.

a) FB GROC – Accionamiento del grupo

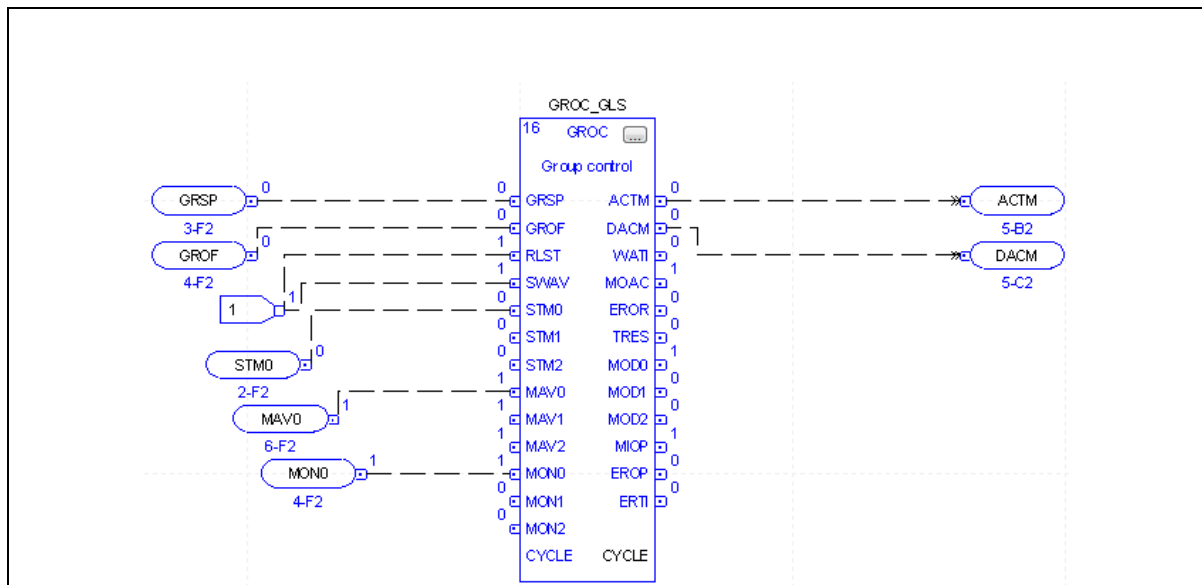


Figura 6.7.3.a.a – FB GROC – Lubricación reductor

Este es un grupo muy sencillo, para el accionamiento de este GROC, necesitaremos la orden de comando del STEP_0 de la secuencia de arranque del HPGR o también por una orden de arranque independiente.

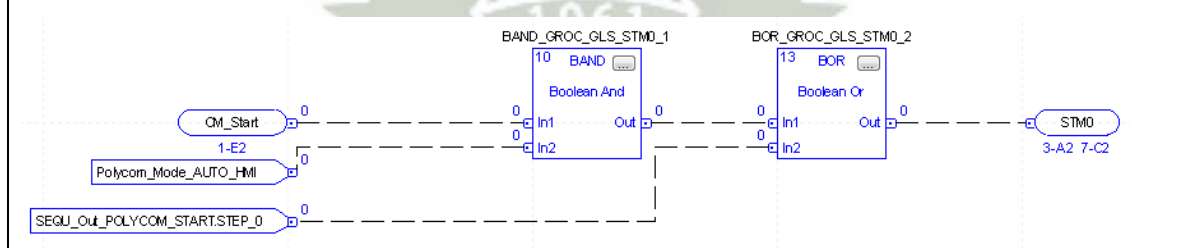


Figura 6.7.3.a.b – FB GROC – Orden de comando a STMO

Este grupo no presenta un FB SEQU pues todo lo hace por arranque directo, lo cual lo hace muy simple.

b) FB UNID – Accionamiento de bombas

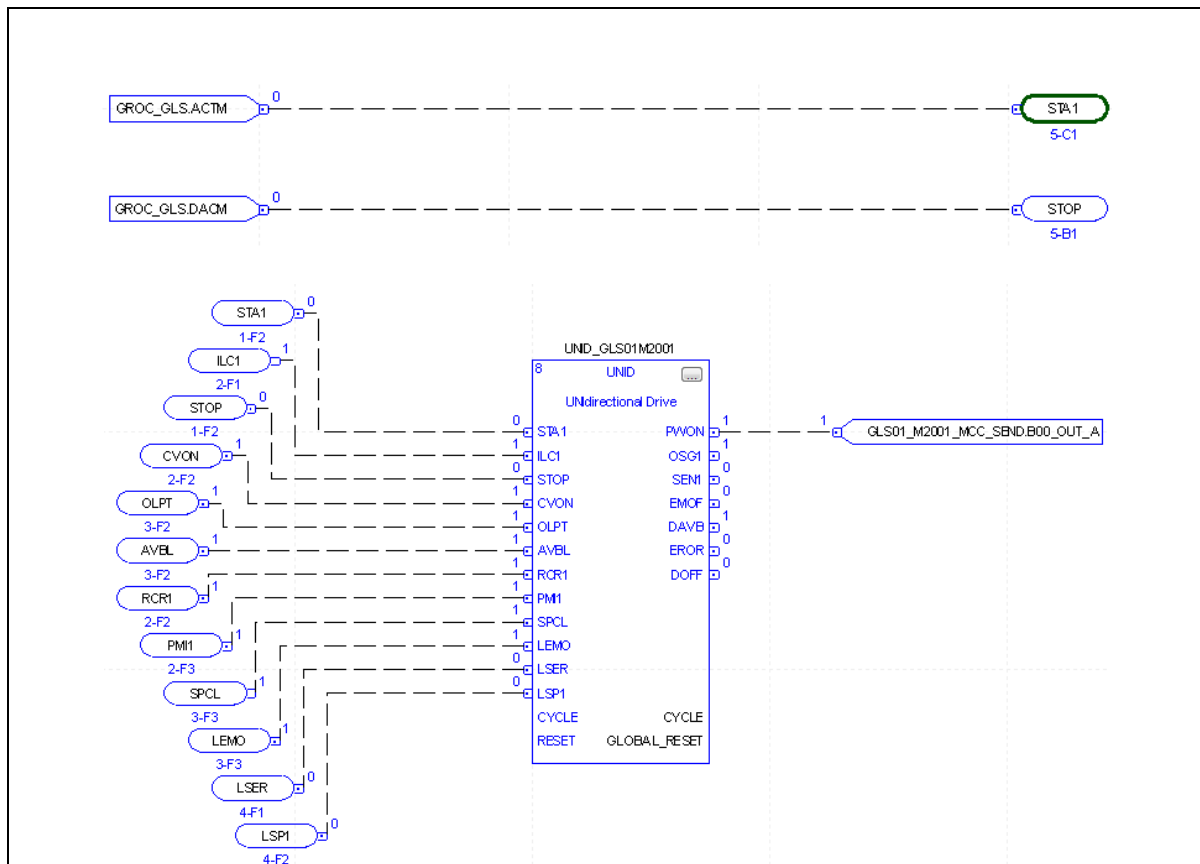


Figura 6.7.3.b.a – FB UNID – Arranque de bomba.

Como se indicó, el arranque de nuestras bombas se da de manera directa por medio del nuestro bit **GROC_GLS.ACTM**.

El tipo de accionamiento de FB es similar a la de cualquier bomba o motor, lo cual ya se explicó en apartados anteriores.

Cabe indicar que tenemos dos bombas, 1 por lado, por ende tenemos dos FB UNID, cada una con una electroválvula de paso.

c) FB VALV – Accionamiento de electroválvulas

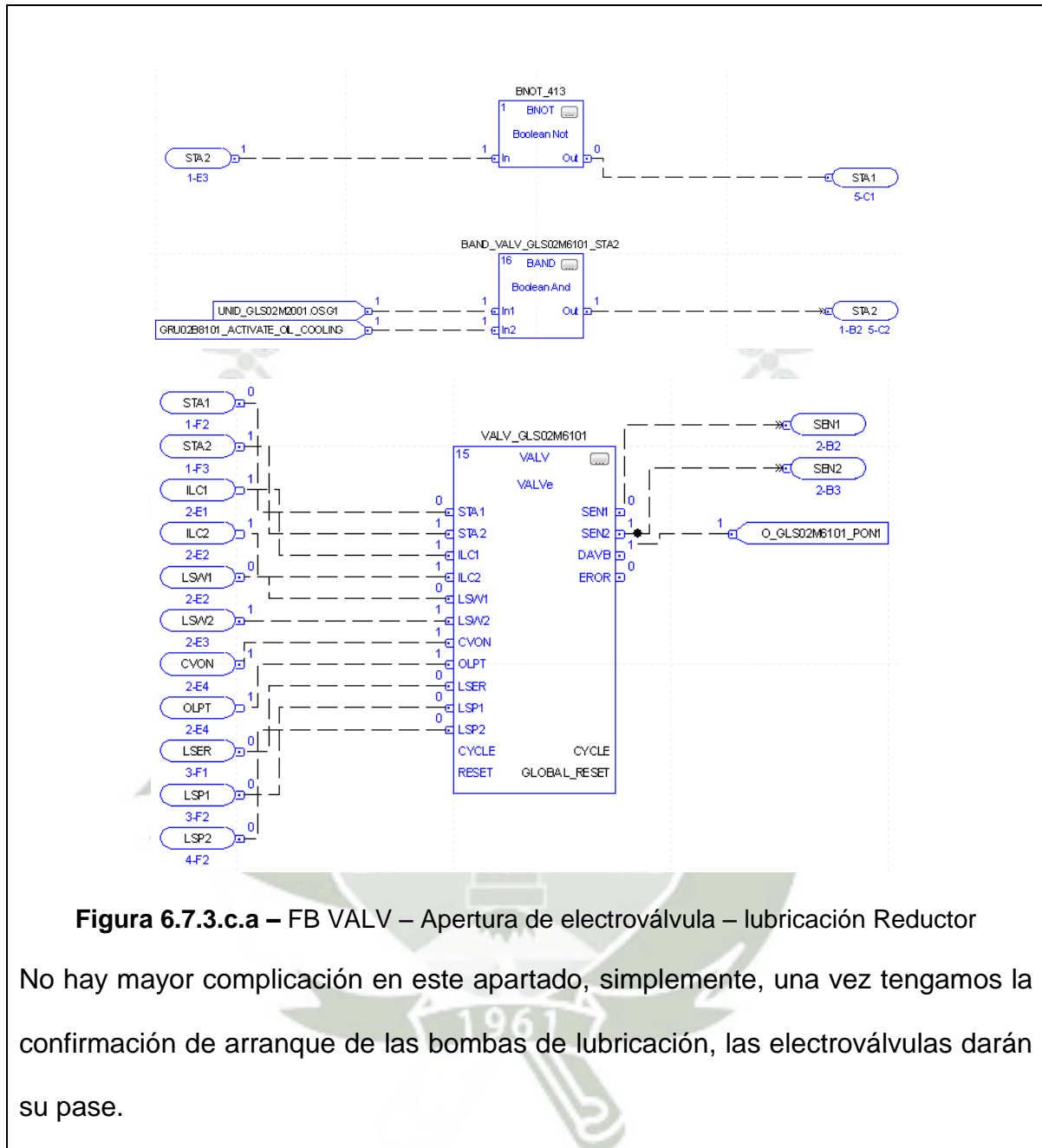


Figura 6.7.3.c.a – FB VALV – Apertura de electroválvula – lubricación Reductor

No hay mayor complicación en este apartado, simplemente, una vez tengamos la confirmación de arranque de las bombas de lubricación, las electroválvulas darán su pase.

d) FB ALARM – Alarmas G02

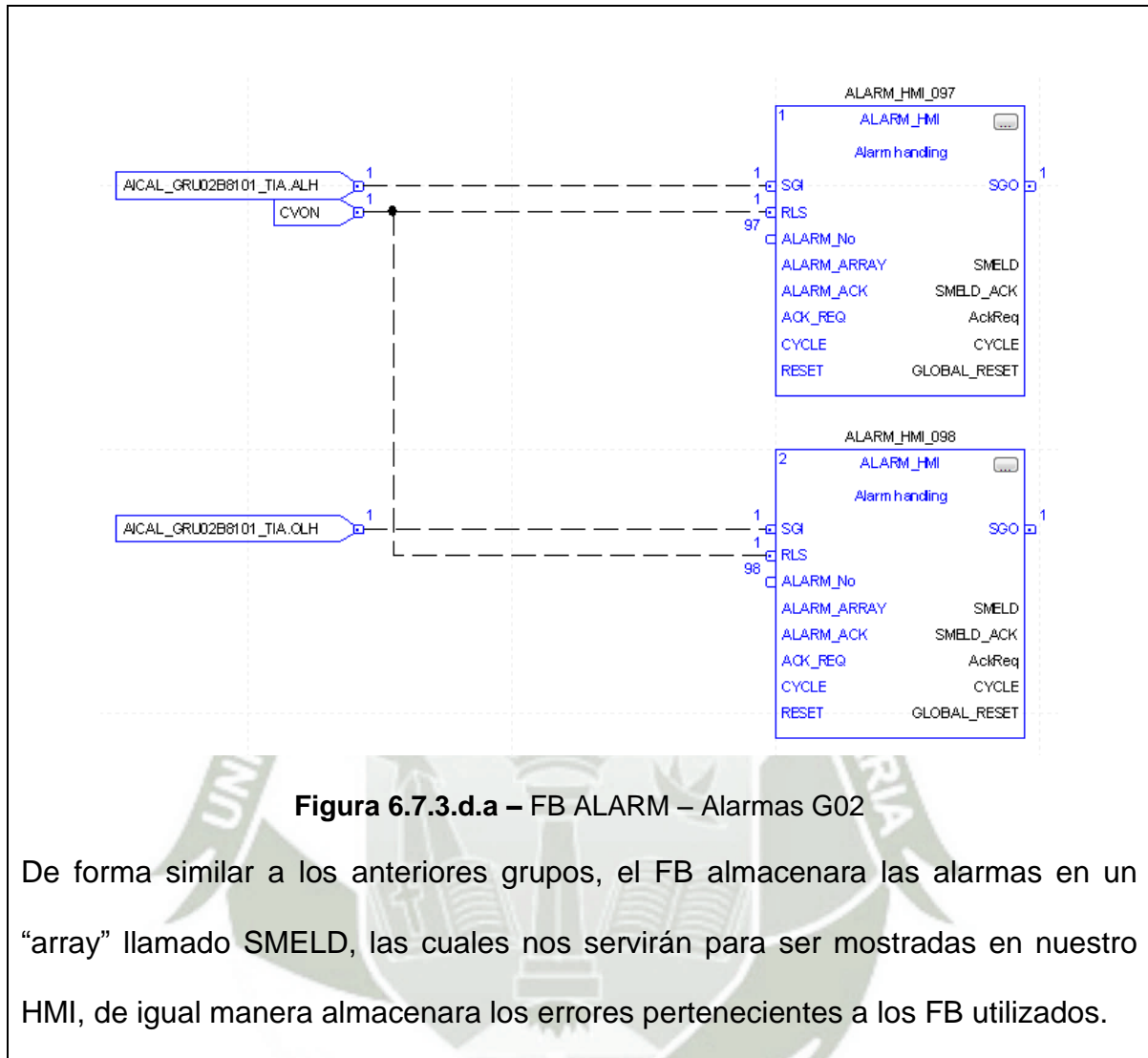


Figura 6.7.3.d.a – FB ALARM – Alarmas G02

De forma similar a los anteriores grupos, el FB almacenara las alarmas en un “array” llamado SMELD, las cuales nos servirán para ser mostradas en nuestro HMI, de igual manera almacenara los errores pertenecientes a los FB utilizados.

6.7.4 G03 – Grupo para el sistema de lubricación – rodamientos de los rodillos.

Este Grupo se encarga de arrancar y velar por el sistema de lubricación o engrase, el cual consiste de una sola bomba y dos electroválvulas.

a) FB GROC – G03

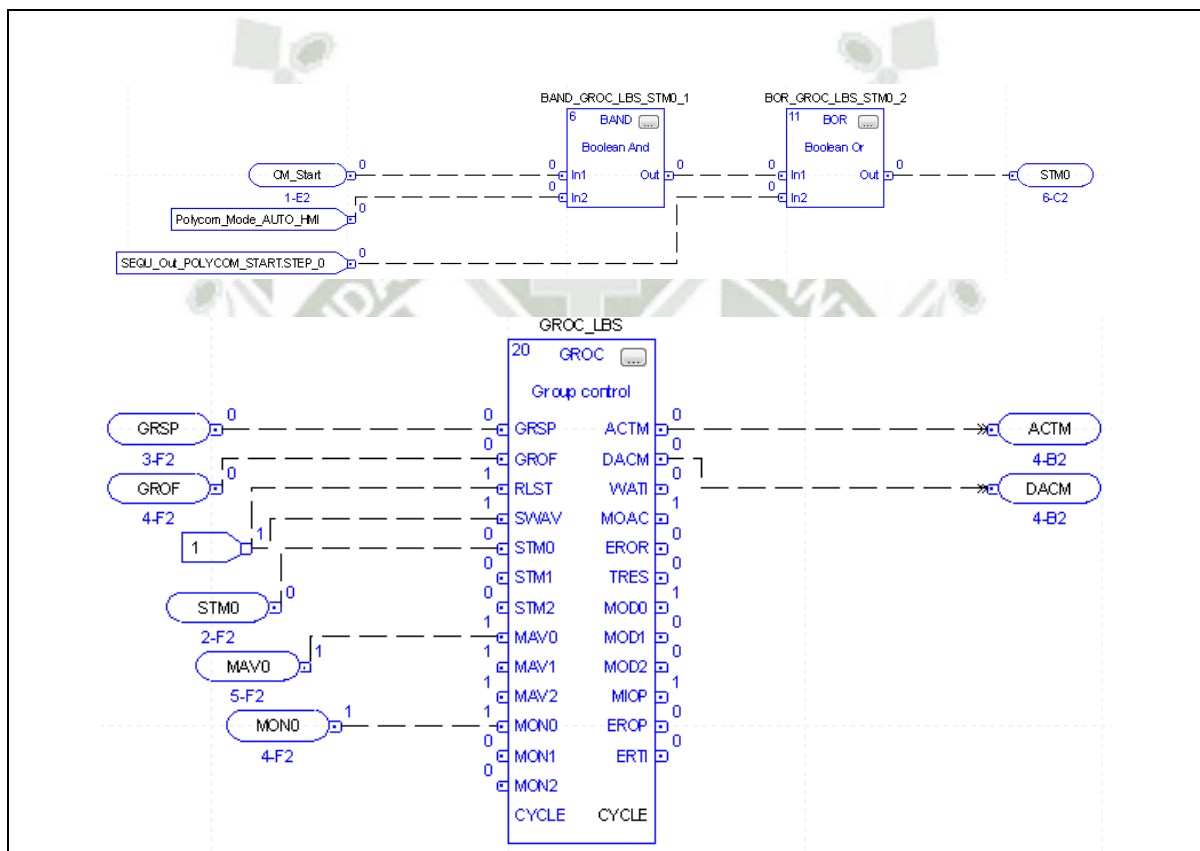


Figura 6.7.4.a.a – FB GROC – G03

Al igual que el anterior grupo de Lubricación (**G02**), el bit de confirmación de arranque será el **STEP_0** del FB_SEQU_Polycom, o también por arranque manual en caso de pruebas.

Para este grupo, tampoco tenemos un FB_SEQU, el arranque de la lógica de este sistema de lubricación o engrase se hará de forma directa.

b) FB VALV – Arranque de bomba de grasa y electroválvulas

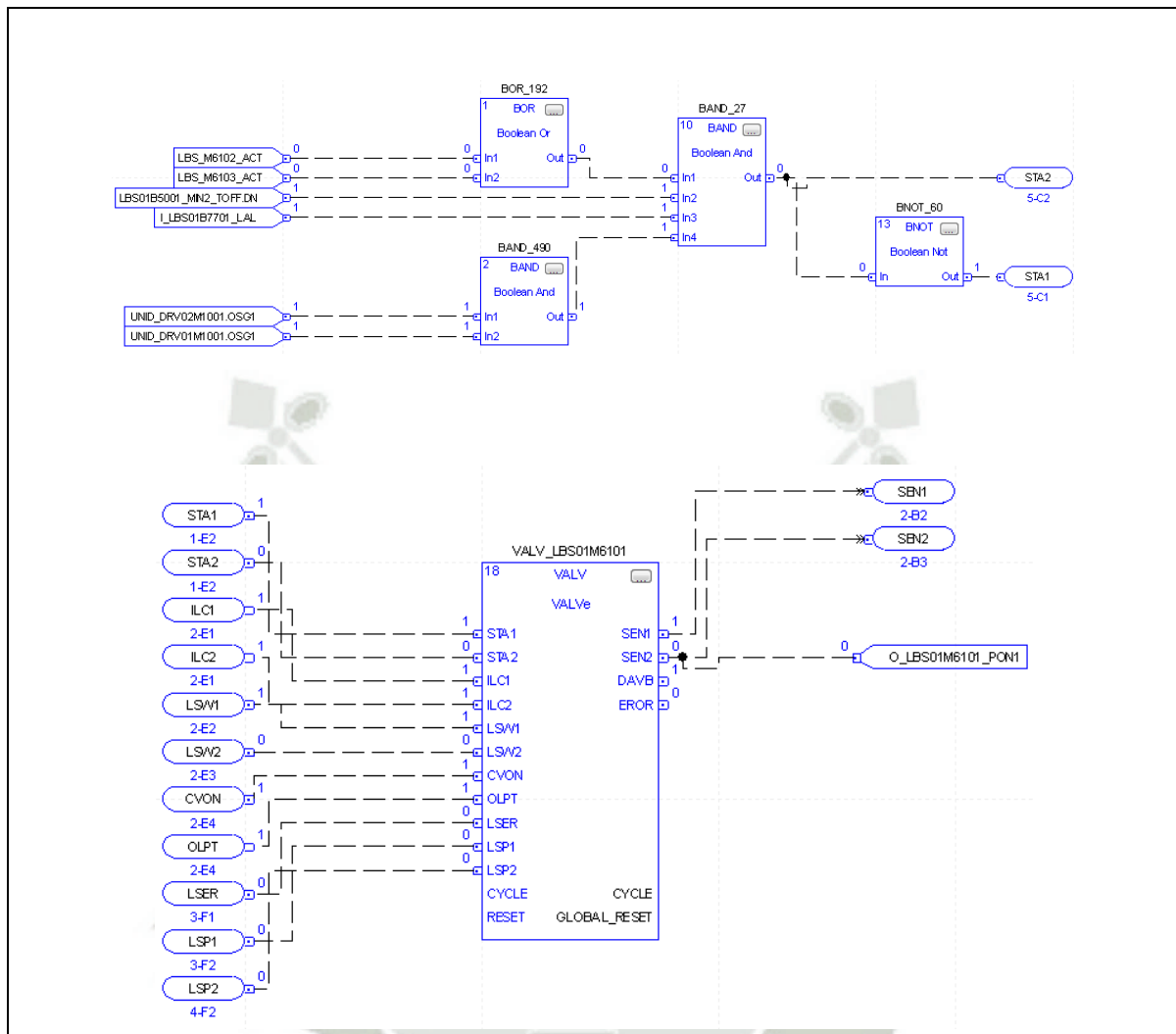


Figura 6.7.4.b.a – FB VALV – Accionamiento de bomba de grasa

Una de las condiciones recomendadas para el accionamiento de este grupo, en caso de mantenimiento, es tener los rodillos activados para tener una distribución adecuada de grasa en los rodamientos, solo en puesta en marcha activamos este grupo a modo de prueba, sin que los rodillos giren.

La activación de esta bomba proviene de una lógica pre-programada por el área de TKIS-ingeniería, el cual dependiendo del tipo de HPGR que se tenga en campo, el sistema deberá dar cierta cantidad de pulsos de engrase por un tiempo

definido (30 min).

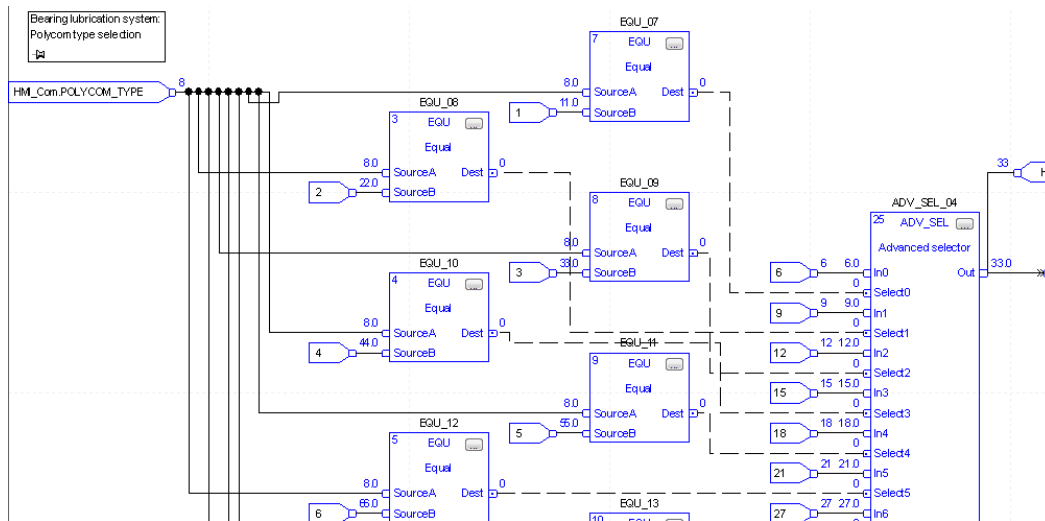


Figura 6.7.4.b.b – FB VALV – Accionamiento de bomba de grasa

Para nuestro caso en Cerro Verde 2 tenemos un HPGR tipo 8, entonces el sistema deberá dar 33 pulsaciones de grasa tanto por el lado de cubierta como para el lado del centro del rodillo. La cantidad de pulsaciones de grasa por tipo es un dato Standard que se usa en la empresa, el cual fue establecido por prueba y error en laboratorios.

En caso el sistema no haya contado las 33 pulsaciones de grasa en el tiempo de 30 min entrara en un estado de alerta, el cual si se llega hasta los 75 Min sin aun alguna respuesta, todo el HPGR se apagara automáticamente.

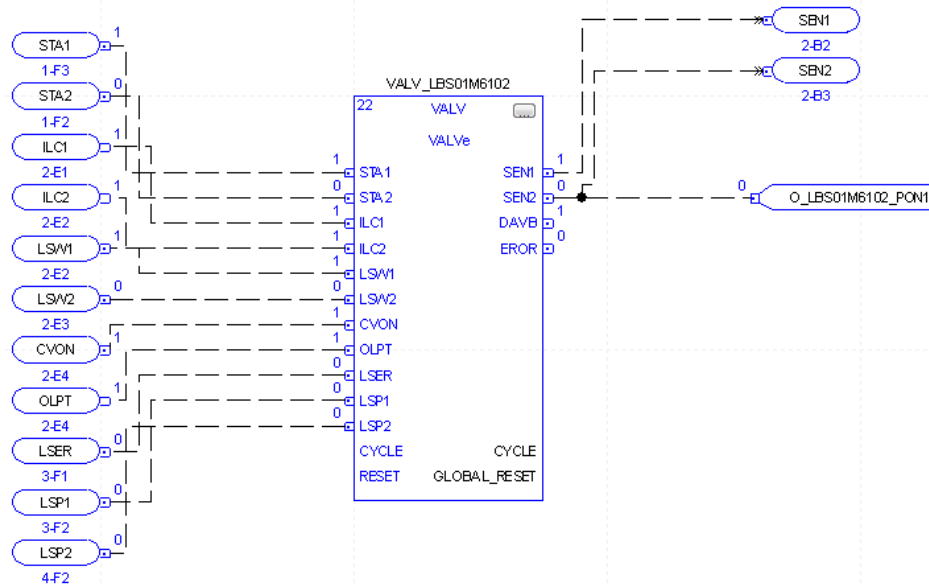


Figura 6.7.4.b.c – FB VALV – Accionamiento de electroválvula de paso.

Dependiendo de qué lado el sistema el grupo de enviar los pulsos de grasa, cada electroválvula se abrirá para que la bomba envíe la grasa a sea a la cubierta o sea al centro del rodillo.

- ❖ El por qué se usa el FB VALV para accionar nuestra bomba de grasa y no el FB UNID, fue a modo de prueba, pues al ser una bomba no teníamos la forma de enviar un **SPCL**, o un **RCR1**, además que es más versátil activar y desactivar nuestra bomba con este FB VALV.

c) FB ALARM – Alarmas G03

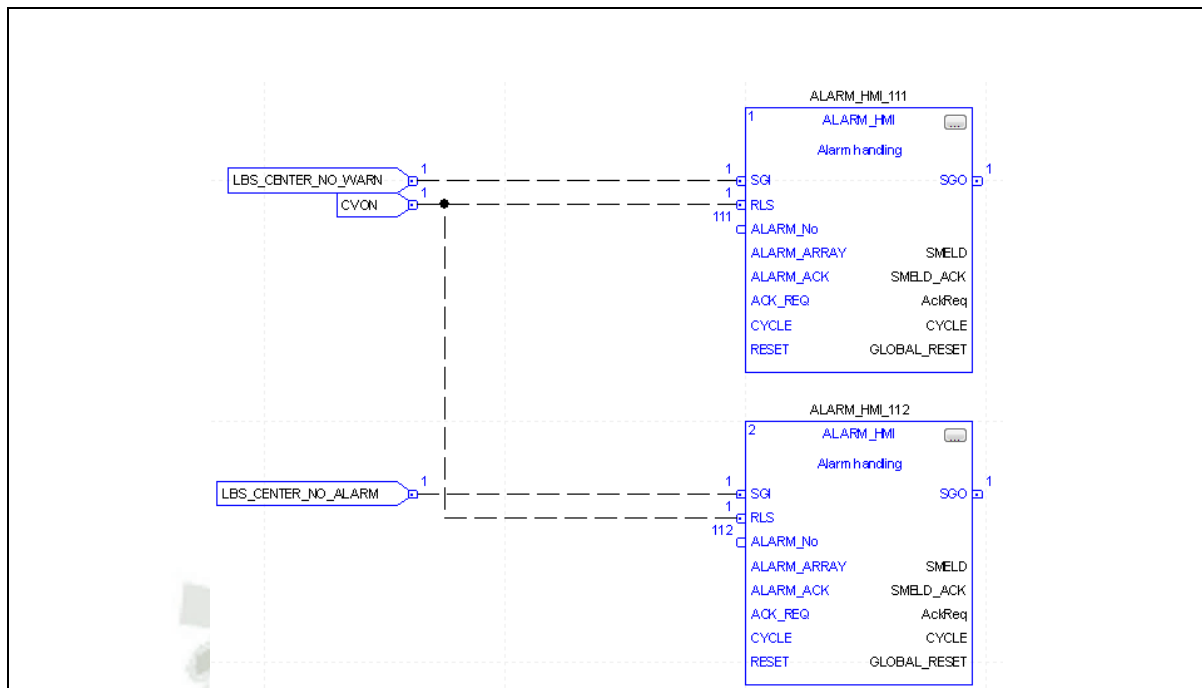


Figura 6.7.4.c.a – FB ALARM – Alarmas G03.

Todas las alarmas pertenecientes a los FB, así como alarmas independientes, se almacenaran en un “array” llamado SMELD que será usado para la estructuración de nuestro SCADA.

6.7.5 G04 – Sistema de refrigeración por agua.

Para este sistema no necesitamos de un GROC general, el arranque es directo pues son solo 2 electroválvulas y el suministro de agua lo da el cliente aunque hay veces donde TKIS instala un sistema de refrigeración autónomo, mas para CV2 no fue así.

a) FB VALV – Válvulas de refrigeración.

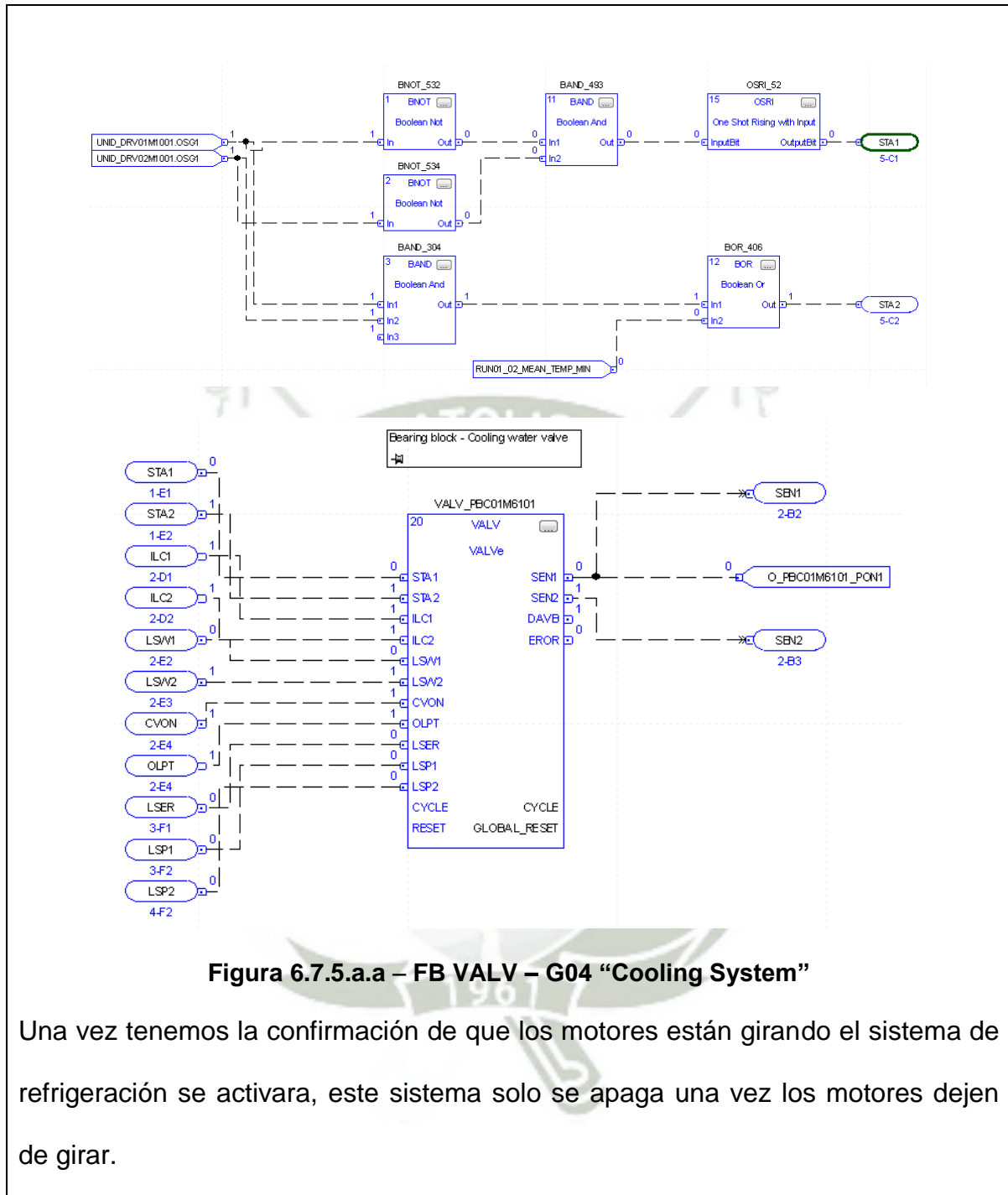


Figura 6.7.5.a.a – FB VALV – G04 “Cooling System”

Una vez tenemos la confirmación de que los motores están girando el sistema de refrigeración se activara, este sistema solo se apaga una vez los motores dejen de girar.

6.7.6 G05 – Sistema de guillotinas.

Como grupo final tenemos al sistema de guillotinas o Sliders los cuales están instalados en la tolva de alimentación del Polycom, su función será simplemente dejar pasar o almacenar mineral.

El sistema se abastece de las bombas hidráulicas controladas en el G01

a) FB VALV – Válvulas de las guillotinas.

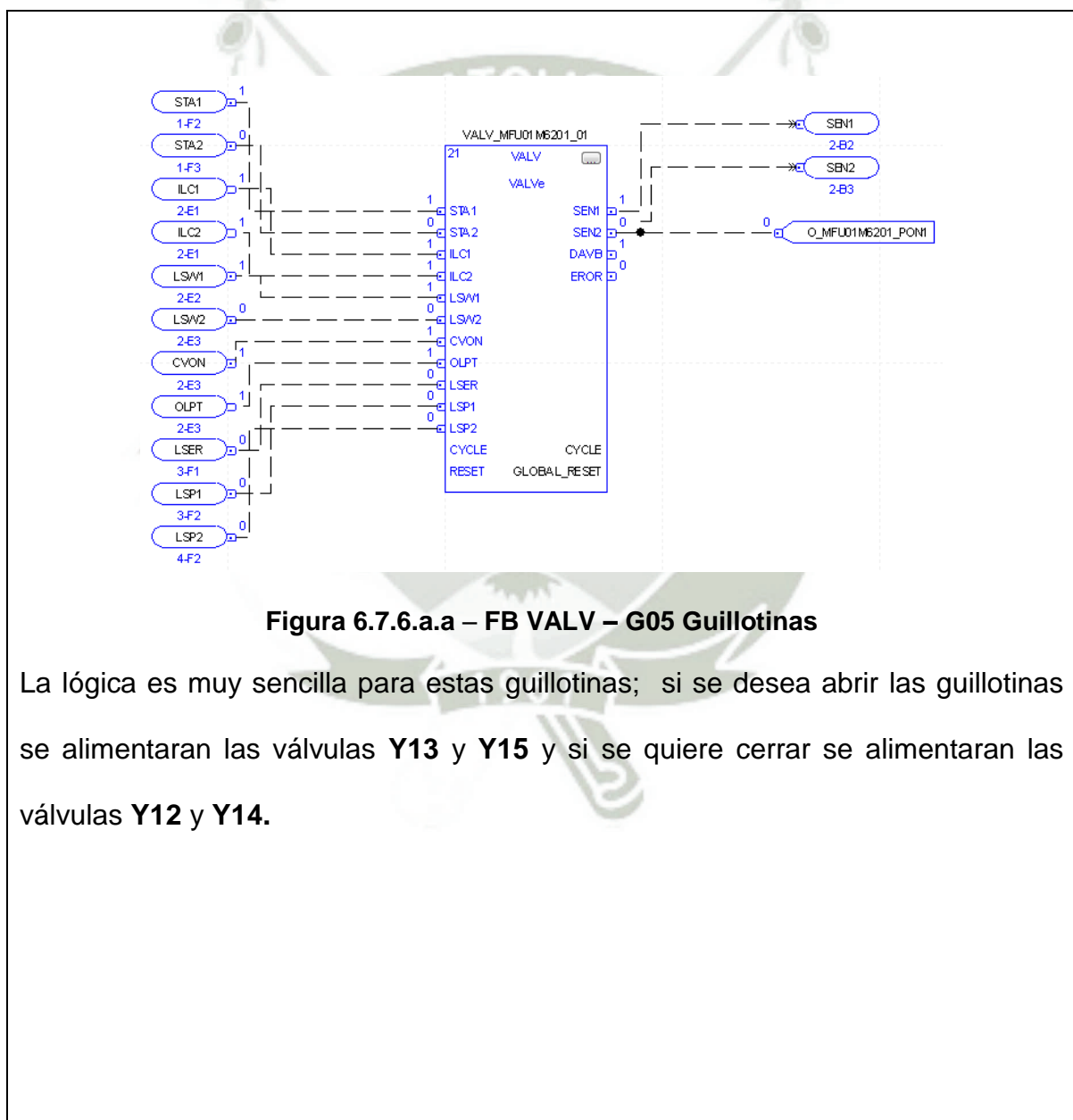


Figura 6.7.6.a.a – FB VALV – G05 Guillotinas

La lógica es muy sencilla para estas guillotinas; si se desea abrir las guillotinas se alimentaran las válvulas Y13 y Y15 y si se quiere cerrar se alimentaran las válvulas Y12 y Y14.

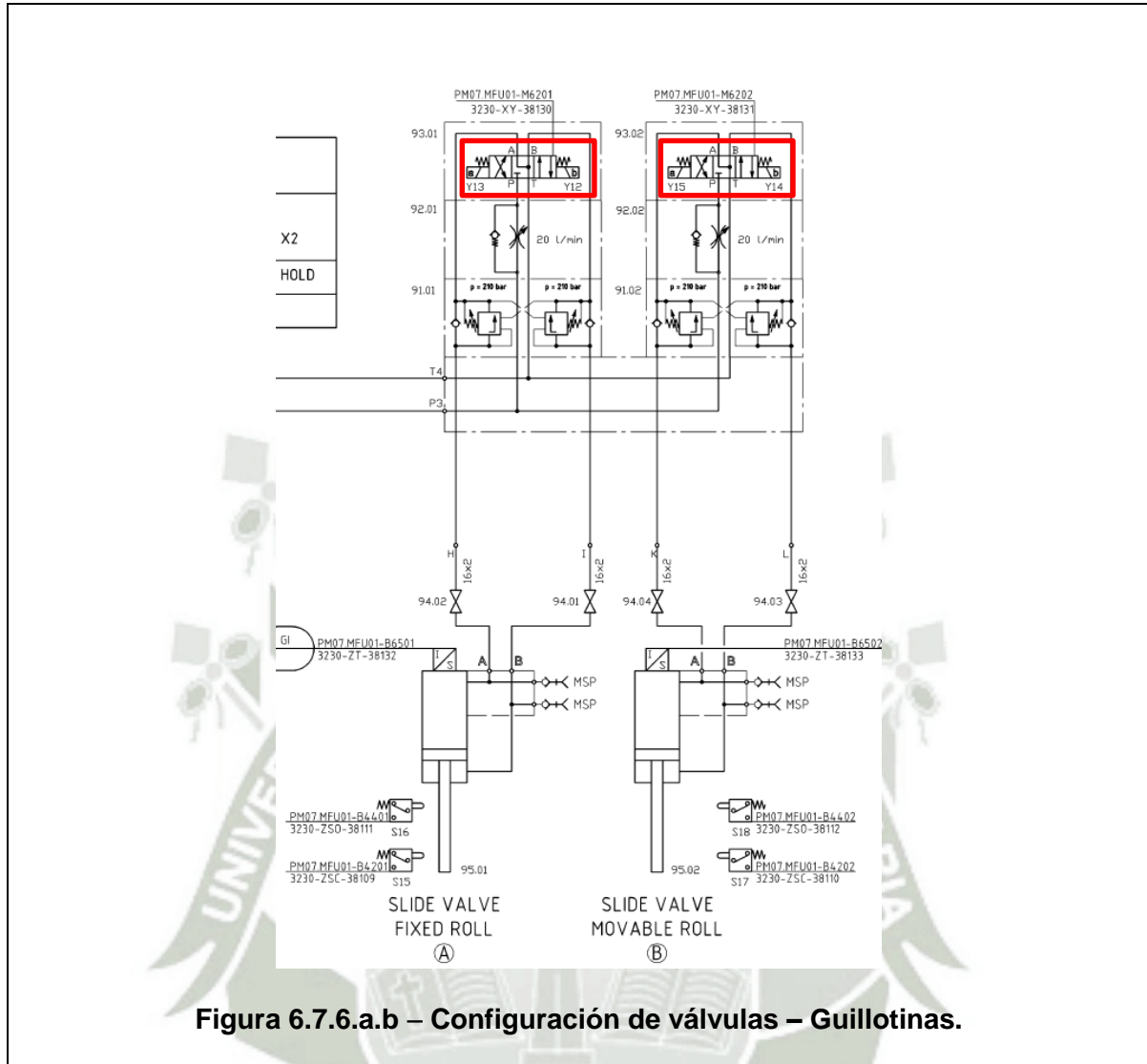


Figura 6.7.6.a.b – Configuración de válvulas – Guillotinas.

6.8 Operación HPRG - SCADA

En este apartado explicaremos la forma de operar y monitorear el HPGR, además aprovecharemos para explicar cómo es que funciona nuestro sistema SCADA, adicional de unas funciones de control de procesos, como es el control PID de carga.

6.8.1 Vista general Polycom

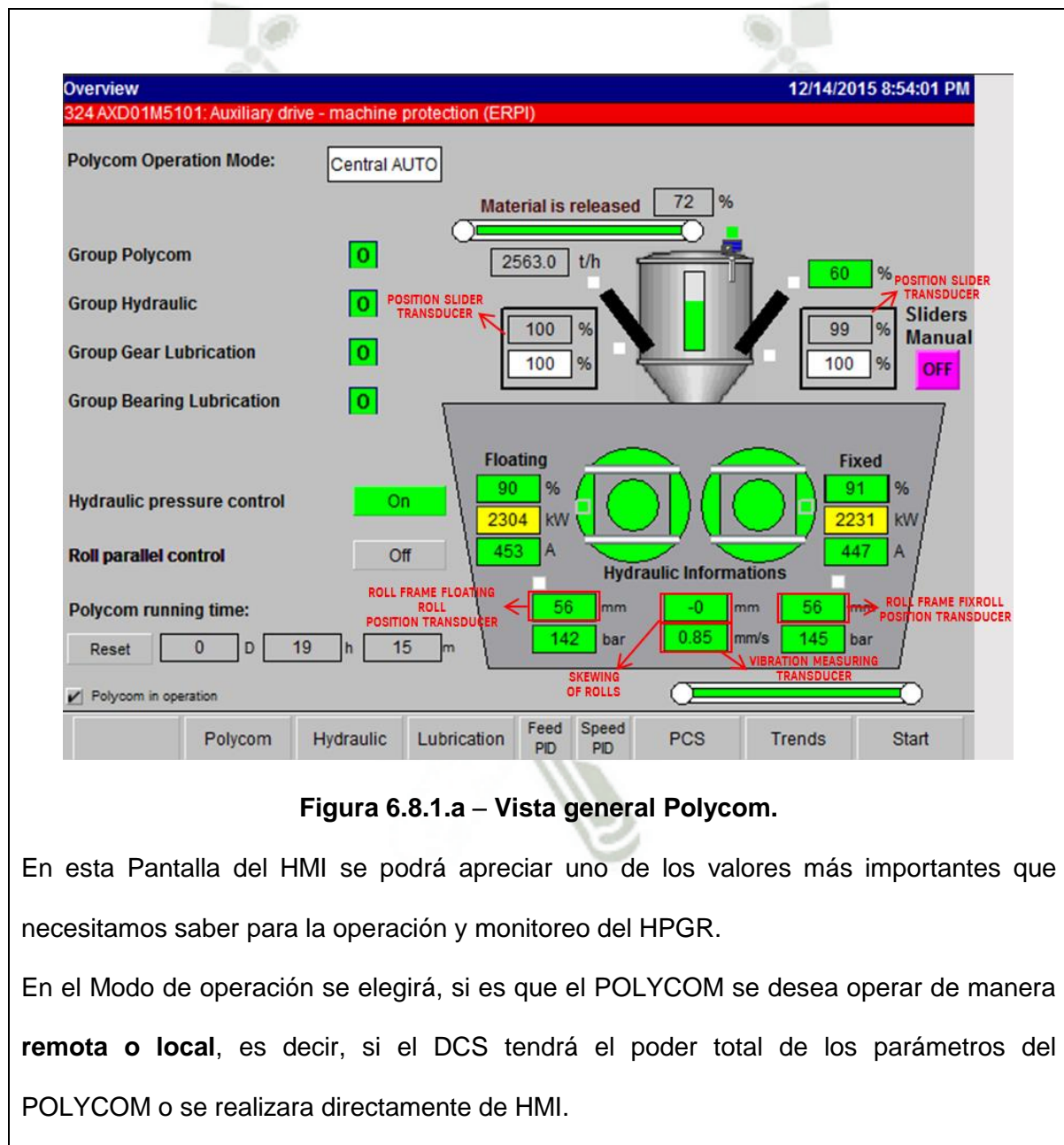


Figura 6.8.1.a – Vista general Polycom.

En esta Pantalla del HMI se podrá apreciar uno de los valores más importantes que necesitamos saber para la operación y monitoreo del HPGR.

En el Modo de operación se elegirá, si es que el POLYCOM se desea operar de manera **remota o local**, es decir, si el DCS tendrá el poder total de los parámetros del POLYCOM o se realizara directamente de HMI.

Si se desea arrancar el Polycom de forma local, simplemente se tendrá que accionar el botón de Group Polycom, el cual nos llevara a otra pantalla.

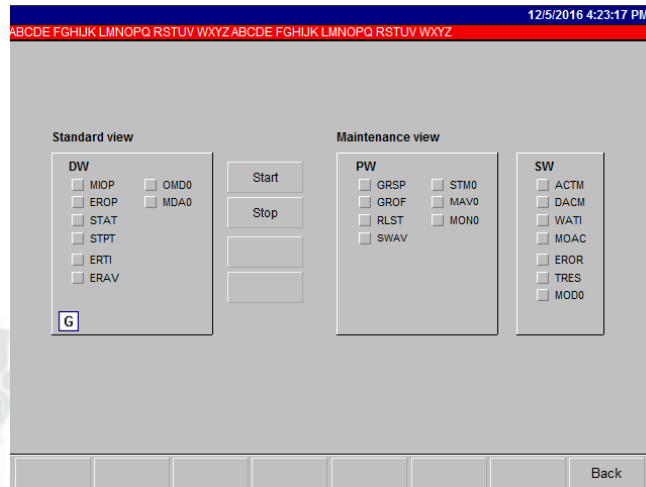


Figura 6.8.1.b – Arranque del GROC general.

- Aquí también podremos monitorear los bits de estado y de falla que nuestro GROC envíe, para en caso de un fallo, saber qué es lo que paso. Para arrancar el Polycom solo basta con accionar el botón “Start”, el cual iniciara toda la secuencia de arranque programado, de la misma forma funciona el Stop.

Volviendo a nuestra pantalla de vista general, se puede observar datos importantes como la velocidad de los motores, corriente y potencia; cabe indicar que bajo nuestro estándar, usamos el color verde como accionamiento normal, el color amarillo como alerta y el color rojo como falla.

Los valores apreciados en la vista, son los valores que se han estado manejando normalmente durante las operaciones de CV2 a una alimentación de mineral de casi 2500 ton/h.

La presión de trabajo requerida por el cliente es de 145 bar aproximadamente pues a este valor la granulometría de mineral chancado era la ideal para alcanzar

este valor se usó un modo de control llamado “HPC” o “Hydraulic Pressure Control”, explicaremos este control una vez llegemos a la visa del sistema hidráulico.

El monitoreo de la desviación de rodillo es muy importante para nosotros (skewing) gracias a unos sensores de posición ubicados en ambos lados del rodillo móvil, podemos ver estas distancia, en caso de tener mucha desviación de +-18 mm, el Polycom parara por interlock de desviación.

Para nuestro caso en CV2, no presentaba problemas con esta desviación, mas en caso de tener mucha variación a causa del mineral entrante, hay un modo de control “Roll Parallel Control “ o “RPC”, el cual hace un juego con las válvulas de apertura de rodillo donde:

- En caso de tener mucha desviación, abrirá el lado del Polycom al cual la distancia sea menor, mas no cerrara el Polycom pues entonces generara más presión de lo deseado.
- Este modo solo trabajara solo si el control HPC está activo, más el modo HPC si podrá funcionar sin que el modo RPC lo este.

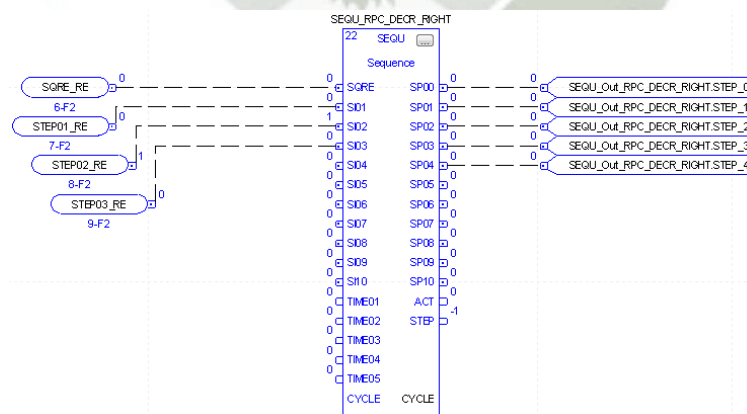


Figura 6.8.1.c – FB SEQU_RPC.

En la vista general también se monitorea el nivel de carga de la tolva, la cual

deberá mantenerse a un nivel de 60% (dependiendo de un Set Point dado en una pantalla de control la cual se explicara después); y finalmente la vibración del “Frame” de los motores.

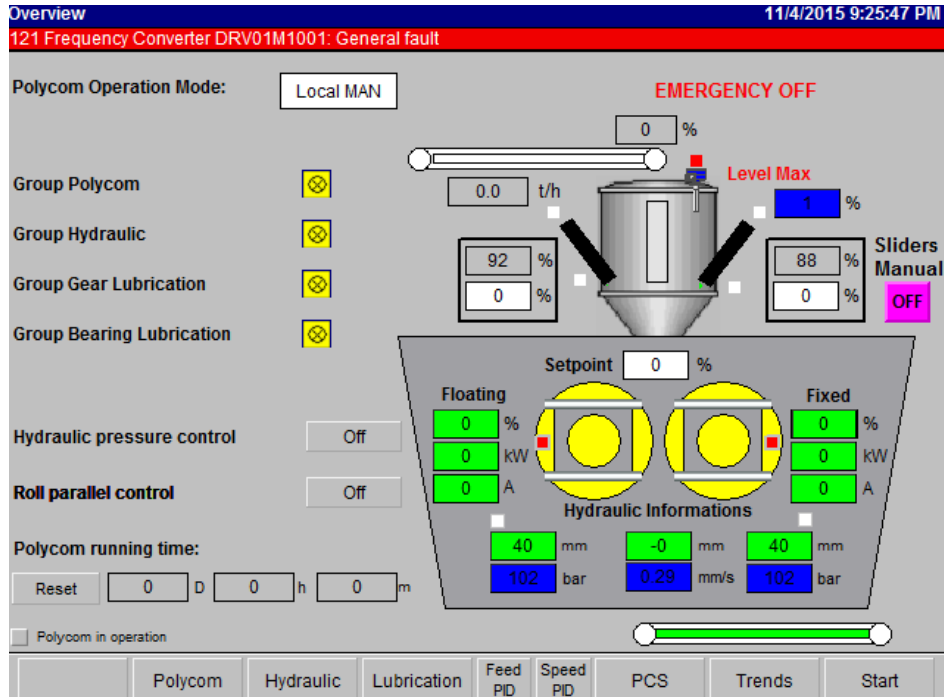


Figura 6.8.1.d – Vista general después de una parada por “interlock” – fallo en VFD.

6.8.2 Vista Polycom

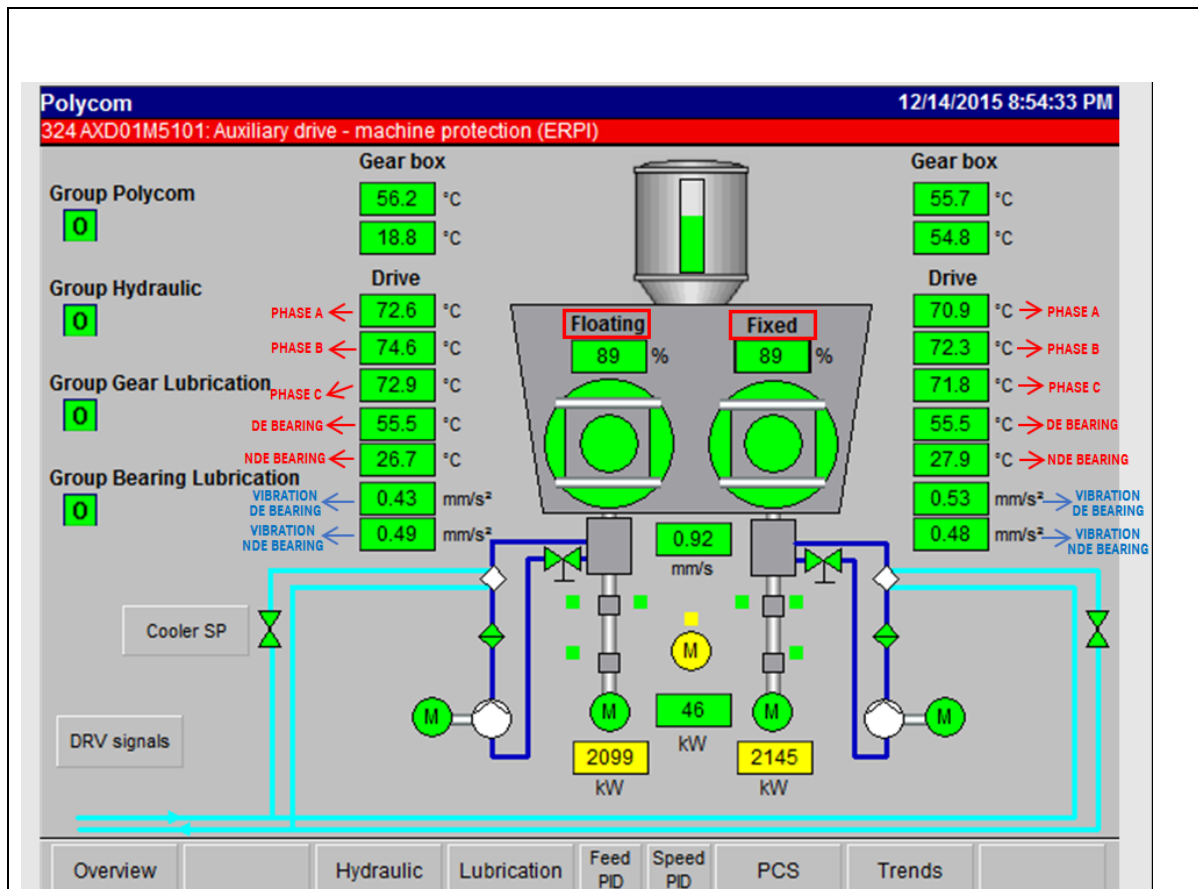


Figura 6.8.2.a – Vista Polycom.

En esta vista se puede apreciar mejor el detalle de los motores, así como de los reductores del Polycom, también el sistema de lubricación de los reductores.

Dentro del detalle de los motores vemos las temperaturas que estábamos recibiendo del VFD vía profibus (Multiplexado) los cuales se actualizarán cada 5 segundos ; tenemos también la vibración de los motores y del “frame” general el cual viene directamente de un sensor externo.

La temperatura de los reductores proviene de sensores externos simples pero confiables (Modelo estándar PT100).

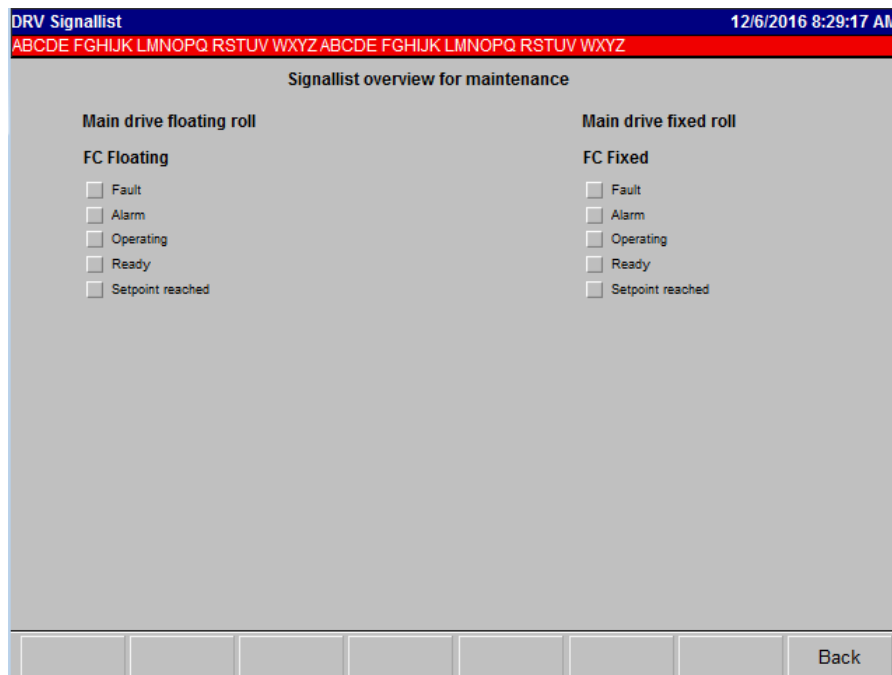


Figura 6.8.2.b – Señales DRV

Accionando el botón "DRV Signal" se puede apreciar los estados de los motores, los cuales los recibimos también vía profibus de los variadores ABB. Usualmente se usa esta vista para motivos de mantenimiento y prueba.

6.8.3 Vista sistema hidráulico



Figura 6.8.3.a – Sistema hidráulico

En esta vista, se aprecia todo el sistema hidráulico del Polycom tanto las válvulas, bombas hidráulicas, tanque hidráulico con su nivel de aceite, temperatura de aceite y calentador.

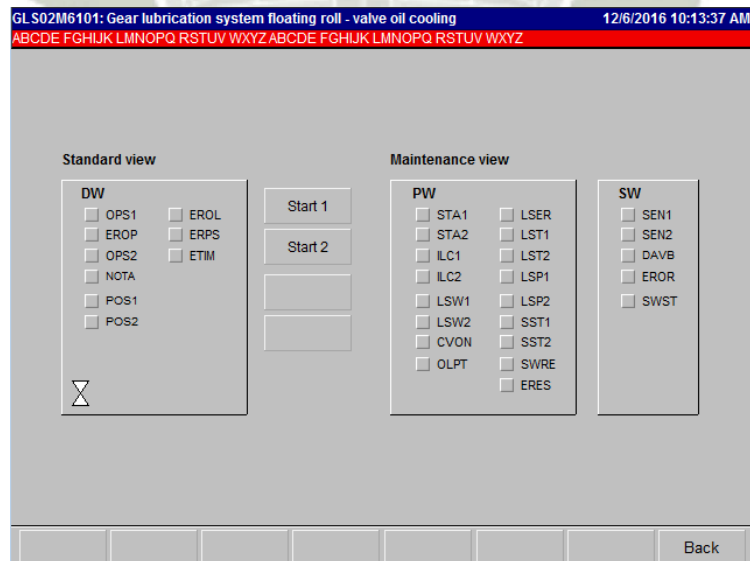


Figura 6.8.3.b – Vista de estados electroválvula, arranque de electroválvula

Por motivos sea de mantenimiento o como nuestro caso de puesta en marcha, cada válvula puede ser encendida de manera independiente, así como las bombas hidráulicas. A su vez se puede apreciar todos los bits de entrada, estados y alarmas de cada electroválvula o de la bomba.

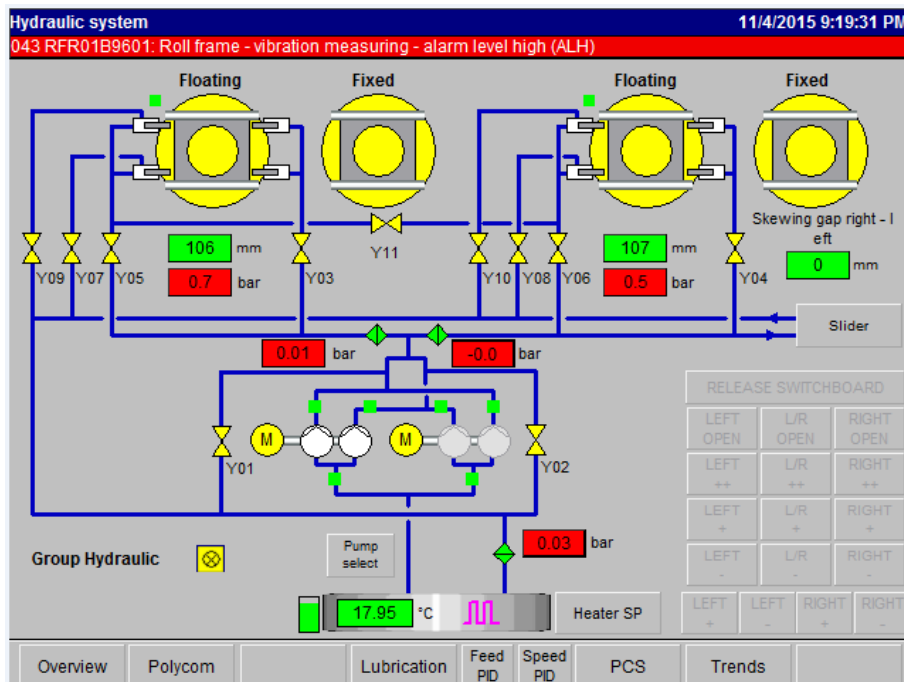


Figura 6.8.3.c – Sistema hidráulico - Falla

Después de una falla de sistema, las válvulas y bombas se colocan de color amarillo indicando que necesitan de un “Reset” Global pues los FB VALV y FB UNID quedaron deshabilitados.

Esta pantalla presenta también un tablero para el manejo manual de las válvulas; donde se puede incrementar presión a cada lado sea de forma rápida o lenta, también tiene un botón para incrementar presión a ambos lados por igual.

Se puede a su vez reducir presión a cada lado o a ambos por igual, por ejemplo en caso de algún paro de Emergencia por desviación de rodillo, se usara esta botonera local para abrir el rodillo móvil y dejar el “skewing” en 0 mm otra vez, lo

que le permitirá al sistema arrancar de nuevo.

El Heater del tanque de aceite presenta un control simple, el cual se activara sólo cuando la temperatura del aceite está muy bajo (dependiendo de el “Set Point” establecido para nuestro caso son 25 C° y se apagara a los 35 C°).

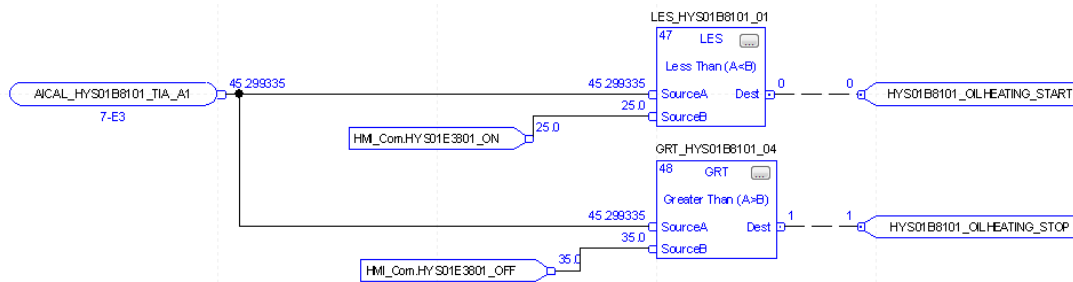


Figura 6.8.3.d – Control “heater”

6.8.4 Vista Sistema Lubricación

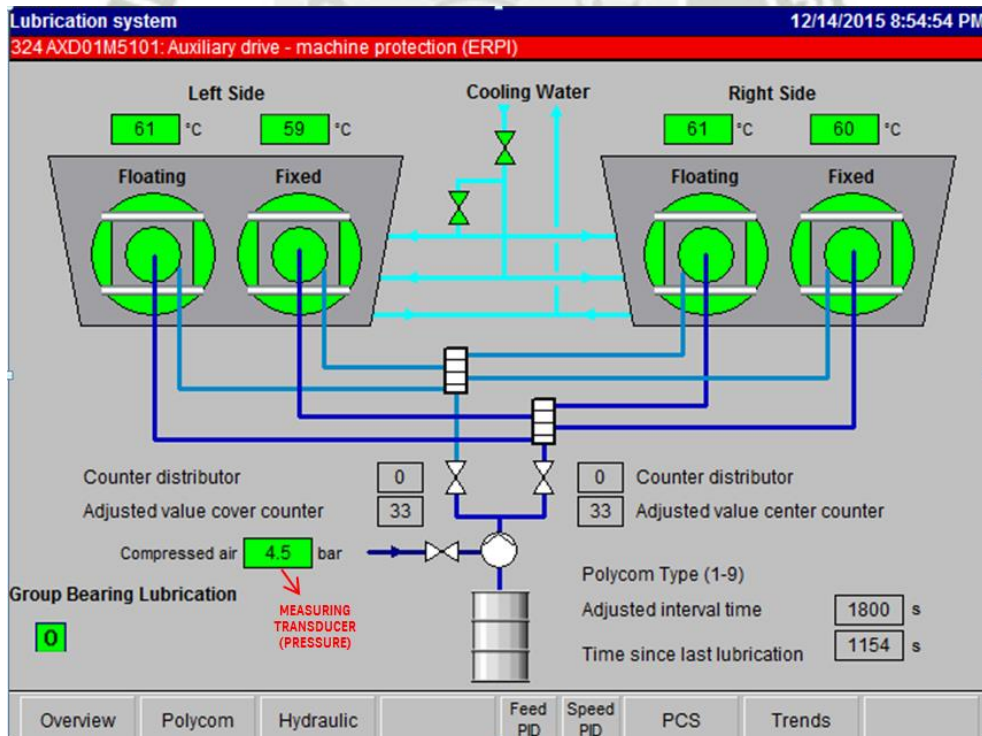


Figura 6.8.4.a – Vista sistema de lubricación

Aquí es donde se podrá monitorear el sistema de lubricación de engrase de los rodillos, como se indicó anteriormente, este sistema presenta tan solo de una bomba y dos electroválvulas de paso; una calcula para suministro de grasa a la cubierta de los rodamientos y la otra para el centro de los rodamientos.

Depende el tipo de Polycom nos da un tiempo intervalo y una cantidad de pulsaciones de grasa que los rodillos necesitan (para nuestro caso en CV2, se requiere de 33 pulsos).

Para que el impulso de grasa funcione adecuadamente necesitamos de un suministro de aire comprimido (normalmente 4 bares), el cual es suministrado por el cliente.

Adicional en esta pantalla, se aprecia el sistema de refrigeración por agua, el cual solo consiste de 2 electroválvulas de paso, pues el suministro de agua lo da CV2 en este caso.

6.8.5 Control PID – Alimentación Polycorn

Para mantener siempre una carga constante en nuestra tolva de alimentación, así como una velocidad constante de rodillos, nos tuvimos que ayudar de un control PID simple para poder tener un proceso de chancado suave y constante.

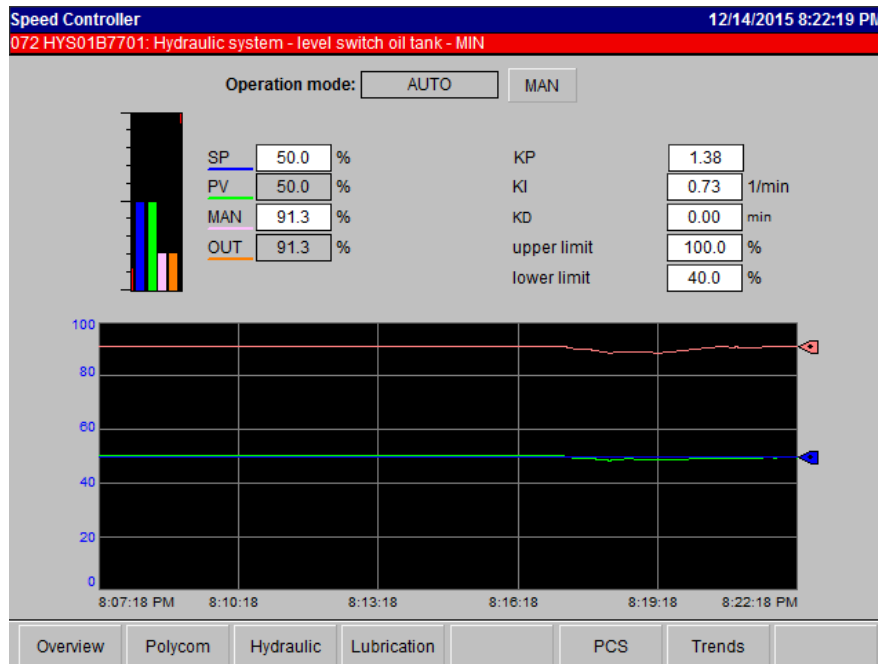


Figura 6.8.5.a – Vista control PID

El Concepto aplicado a nuestro sistema es muy sencillo, donde :

- El **SP** (Set Point) es la cantidad de carga que deseamos tener en nuestra tolva de alimentación de forma constante.
- **MAN** es la velocidad referencial de entrada que se le envía a los variadores de velocidad, este valor sale de un cálculo realizado por un FB especial.
- **OUT** es la velocidad de salida que recibimos de los variadores de velocidad, donde confirmamos que el variador actúa tal cual nosotros le ordenamos.

- **PV** es el nivel de carga de salida que tenemos en nuestra tolva de alimentación, el cual debería tener un valor cercano o igual a nuestro **SP**, para nuestro caso 50%.
- **KP, KI, KD**, son nuestras variables (proporcional, integrativa, derivativa) que ingresaremos para calibrar nuestro control PID, de manera que si queremos hacer más preciso y lento, o más rápido pero menos estable.
- **Upper Limit** y **Lower Limit**, son valores que limitan la velocidad de los motores a los cuales puede llegar, es decir si el control le indica al motor trabajar a 30% de velocidad, este solo llegara al valor de 40%; estos valores se indican por pedido de ABB, pues a veces sus modelos de variadores no pueden llegar a ciertos valores, o simplemente no lo recomiendan por motivos de sobre corrientes u otros.

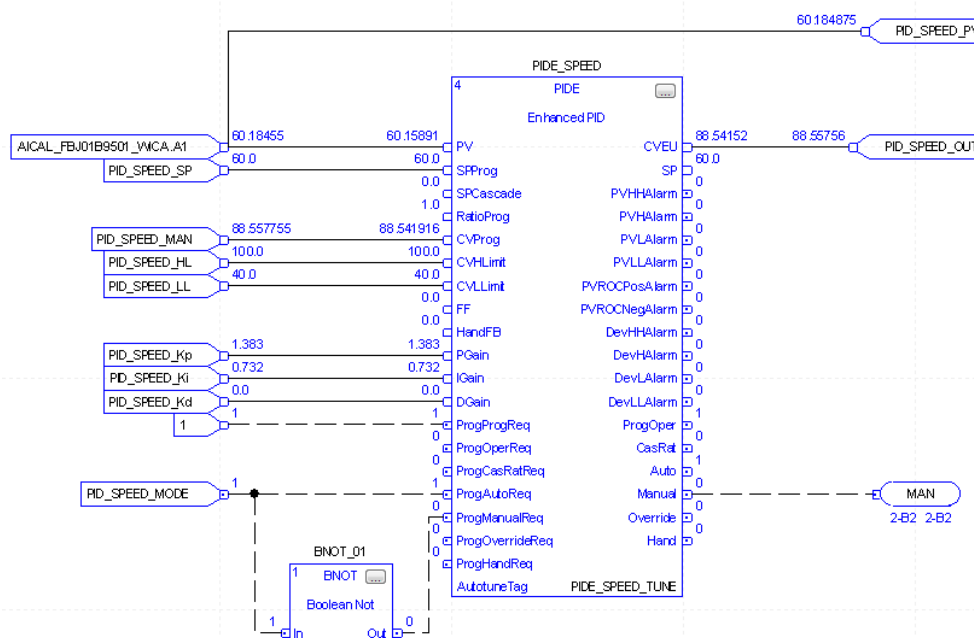
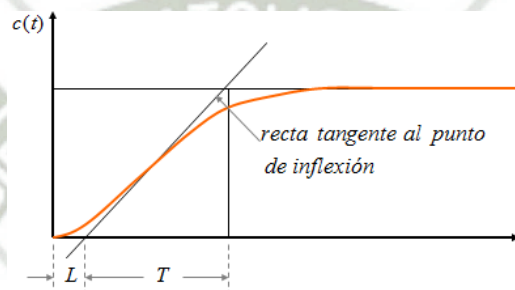


Figura 6.8.5.b – FB PID – Polycom

Este bloque funcional es muy sencillo de usar, simplemente requiere de ingresar los valores requeridos en especial el **SP**, **Kp**, **Ki**, **Kd** y valores de retroalimentación que son el **PV** y la velocidad del motor (**MAN**) y como valor resultado nos da el **CVEU** que vendría a ser la velocidad que se sobrescribirá en los variadores.

Este bloque se activara solo cuando activamos el modo automático del sistema pues en modo manual tendremos que ingresar la velocidad de rodillos por medio del HMI.



Tipo de controlador	K_p	τ_i	τ_d
<i>P</i>	$\frac{T}{L}$	∞	0
<i>PI</i>	$0.9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
<i>PID</i>	$1.2\frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Figura 6.8.5.c – Regla de Ziegler – Nichols

Para poder hallar nuestro valores K_p , K_i , y K_d simplemente usamos las reglas de Ziegler – Nichols, haciendo pruebas de arranque de nuestros motores, y así hallamos nuestro valores L y T , una vez encontrados estos valores, los reemplazamos en la tabla.

Para nuestro sistema, los valores finales que encontramos fueron :

- $K_p : 1.383$
- $K_i : 0.732$
- $K_d : 0$

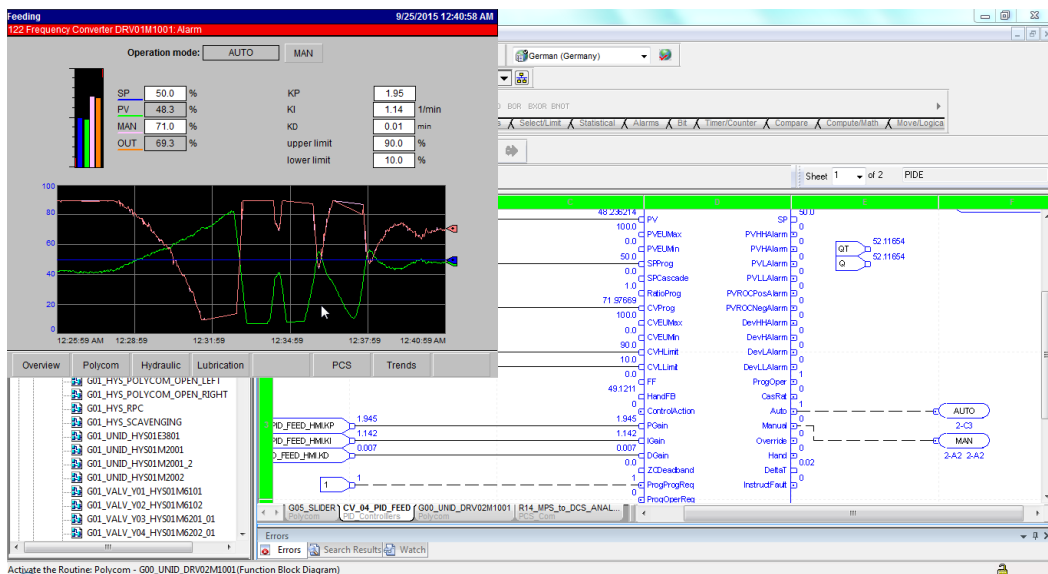
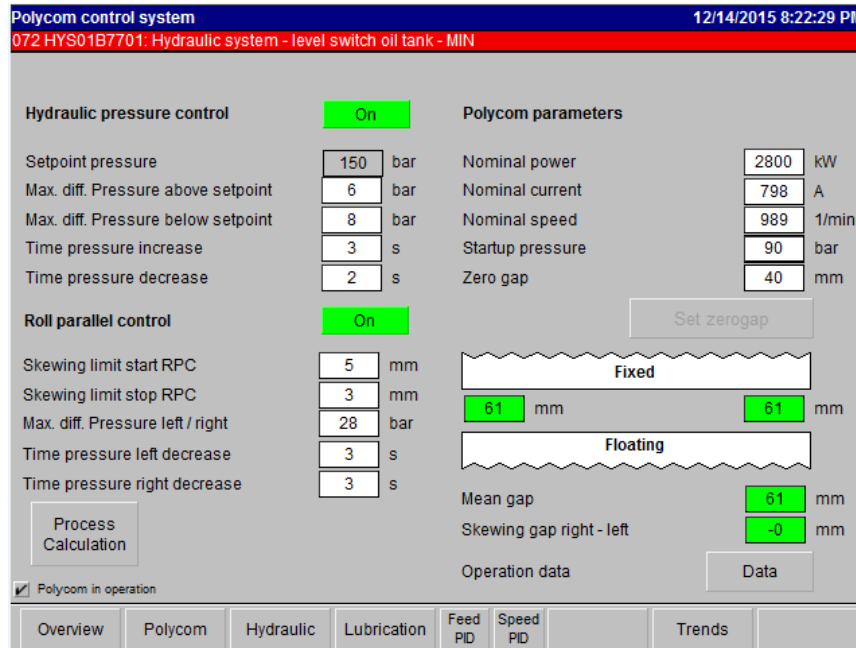


Figura 6.8.5.d – Pruebas de sintonización PID

Según prueba y error obtuvimos una mejor respuesta teniendo solo un PI, que un PID completo.

Acotar a este apartado que CV2 también realizó su propio control PID pero para el alimentador del HPGR. Ambos controles PID trabajan en paralelo dando una mejor estabilidad al sistema.

6.8.6 Vista – Parámetros Polycom



Polycom control system 12/14/2015 8:22:29 PM
072 HYS01B7701: Hydraulic system - level switch oil tank - MIN

Hydraulic pressure control		Polycom parameters	
Hydraulic pressure control	On	Nominal power	2800 kW
Setpoint pressure	150 bar	Nominal current	798 A
Max. diff. Pressure above setpoint	6 bar	Nominal speed	989 1/min
Max. diff. Pressure below setpoint	8 bar	Startup pressure	90 bar
Time pressure increase	3 s	Zero gap	40 mm
Time pressure decrease	2 s		
Roll parallel control On		Set zerogap	
Skewing limit start RPC	5 mm	Fixed	
Skewing limit stop RPC	3 mm	61 mm	61 mm
Max. diff. Pressure left / right	28 bar	Floating	
Time pressure left decrease	3 s	Mean gap	61 mm
Time pressure right decrease	3 s	Skewing gap right - left	-0 mm
Process Calculation		Operation data	
<input checked="" type="checkbox"/> Polycom in operation		Data	

Overview Polycom Hydraulic Lubrication Feed PID Speed PID Trends

Figura 6.8.6.a – Vista de parámetros

Es aquí donde vemos y podemos cambiar ciertos parámetros referentes a nuestro control HPC y RPC, así como cual será nuestra presión de arranque y el “Zero Gap” del HPGR.

Como se explicó, con el control HPC, el sistema hidráulico tratará de llegar a la presión SP (para este ejemplo 150 bares), en caso de tener valores +6 bar, el control se inhibirá, y si la presión cae por -8 bar al SP, el sistema tratará de compensar esta pérdida aumentando la presión, estas condiciones han de cumplirse luego de un lapso de +3 o 2 segundos.

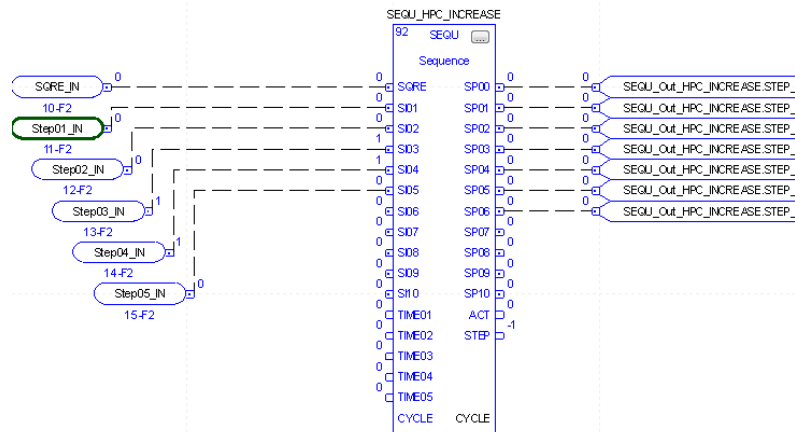


Figura 6.8.6.b – FB SEQU_HPC

Por otro lado el control RPC, velara por nuestra variable de desviación de rodillo (Skewing), si la desviación supera a los 5 mm, el control se activara, desactivando a su vez el control HPC, es decir liberara presión en el lado afectado para así corregir la desviación, al tener solo un “Skewing” de 3 mm o menos el control no funcionara, y el HPC podrá actuar de forma libre ; el control RPC también tendrá en cuenta que no se tenga una diferencia de presión de +28 bar entre ambos lado, de ser así el control se inhibirá.

Los valores de presión de arranque y “zero gap” son estimados por el especialista mecánico del HPGR, pues ellos ven cuales son los valores óptimos para que mecánicamente los rodillos y el sistema mecánico trabajen bien.

6.8.7 Vista – Línea de tendencia.

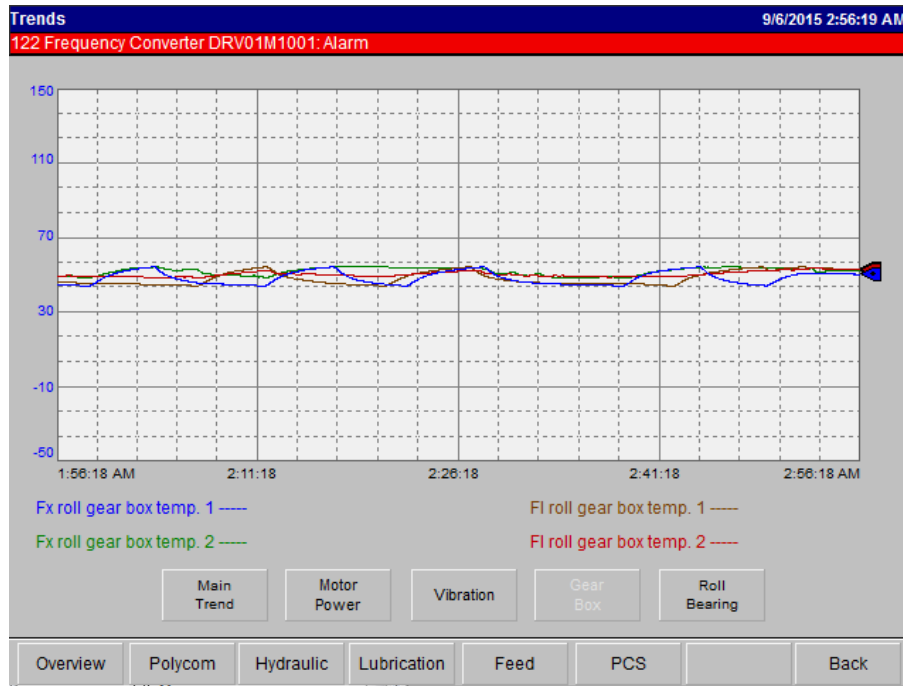


Figura 6.8.7.a – Líneas de tendencia

Finalmente en nuestro HMI tenemos una ventana donde vemos los valores más importantes del sistema en cuadros de tendencia, por desgracia el *span (tiempo de muestra total), es de 1 hora, a causa de que el “Factory Talk Machine edition” no es muy robusto en ese sentido, sin embargo sala de control DCS, almacenan si estos valores de hasta 2 o 3 años.

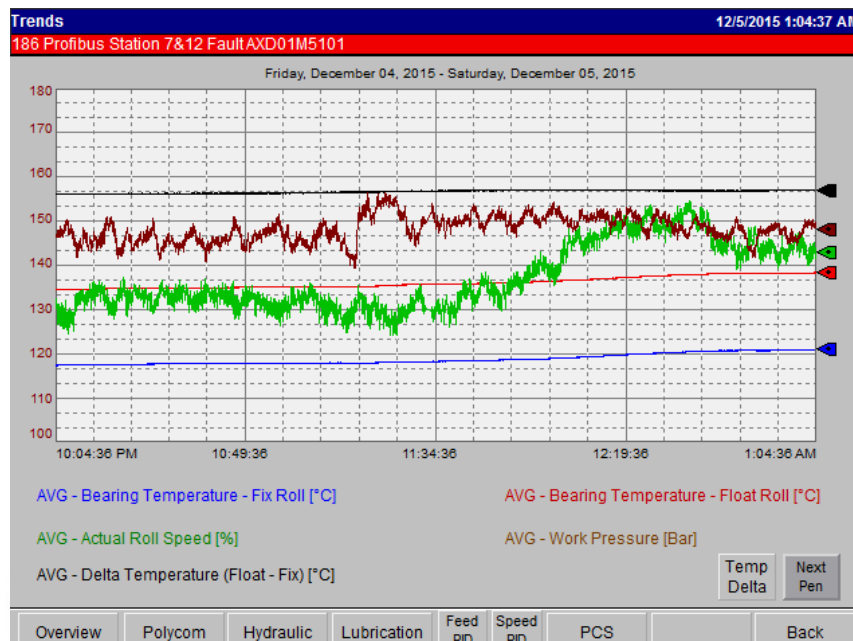


Figura 6.8.7.b – Líneas de tendencia – Temperatura rodamiento rodillo

6.8.8 Vista adicional – Guillotinas.

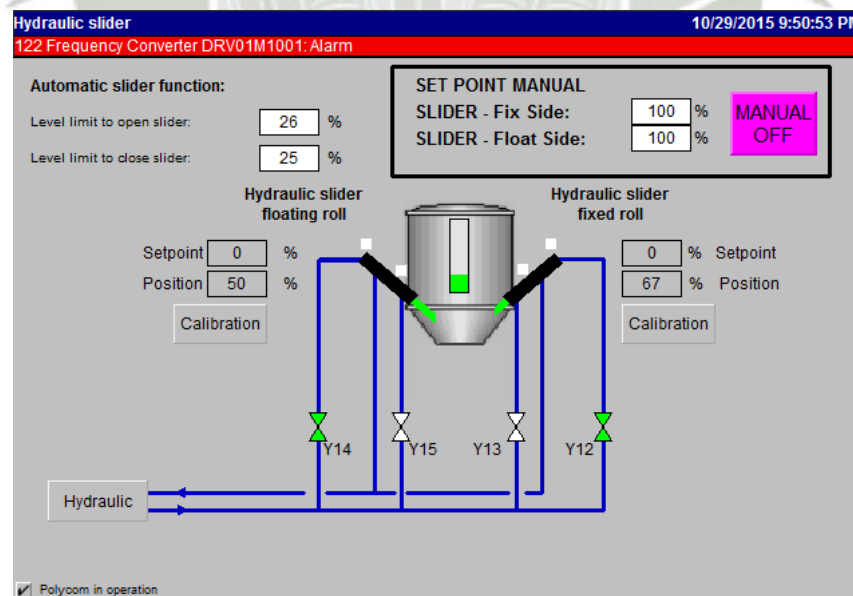


Figura 6.8.8.a – Vista guillotinas

Esta es una vista adicional donde se puede calibrar la posición de cerrado y de apertura al 100% de las guillotinas, así como el monitoreo de su posición actual; también se puede habilitar un modo de operación manual de las guillotinas, mas esta función solo se usa a manera de mantenimiento o pruebas de puesta en marcha.

6.9 Envió de datos a DCS.

Este es un proceso bastante simple pues la mayoría de datos que enviamos se almacenan en unas tarjetas de entrada llamadas “Bins”, todo vía fibra óptica.

3230PC380_R01_02	MPS_to_DCS[1].0	POLYCOM_AVBL	Polycom is available
	MPS_to_DCS[1].1	POLYCOM_ERROR	Polycom has Error
	MPS_to_DCS[1].2	RELEASE_MATERIAL	Release material for Polycom
	MPS_to_DCS[1].3	Spare_03	SPARE
	MPS_to_DCS[1].4	MODE_AUTO_DCS	Automatic mode DCS selected
	MPS_to_DCS[1].5	MODE_AUTO_HMI	Automatic mode HMI selected
	MPS_to_DCS[1].6	MODE_MAN_HMI	Local mode HMI selected
	MPS_to_DCS[1].7	Spare_07	SPARE
	MPS_to_DCS[1].8	Watchdog_Out	Signal transfer: Test bit
	MPS_to_DCS[1].9	HPC_ON	Hydraulic pressure control: Switched on
	MPS_to_DCS[1].10	RPC_ON	Roller parallel control: Switched on
	MPS_to_DCS[1].11	FEED_AUTO	Feeding: Controller in AUTO mode
	MPS_to_DCS[1].12	XCC01_STAW	Start cooling water system
	MPS_to_DCS[1].13	LOCAL_SWITCHBOARD_REM	Local Switchboard in remote
	MPS_to_DCS[1].14	SCAVENGING_ACTIV	Scavenging activ
MPS_to_DCS[1].15	ACK_REQ	Acknowledge requested	
3230PC380_R01_03	MPS_to_DCS[2].0	HY50B3401_LIA_OLL	Hydraulic system: Level MIN
	MPS_to_DCS[2].1	HY50B3401_LIA_ALL	Hydraulic system: Level MINMIN
	MPS_to_DCS[2].2	DRV01B4201_GSLA	Main drive fixed roll right side: Cardan shaft safety guard
	MPS_to_DCS[2].3	DRV01B4202_GSLB	Main drive fixed roll left side: Cardan shaft safety guard
	MPS_to_DCS[2].4	DRV01B4203_GSLC	Main drive fixed roll: Auxiliary drive safety guard
	MPS_to_DCS[2].5	AXD01B4201_GSLA	Auxiliary drive: Safety guard
	MPS_to_DCS[2].6	DRV02B4201_GSLA	Main drive floating roll left side: Cardan shaft safety guard
	MPS_to_DCS[2].7	DRV02B4202_GSLB	Main drive floating roll right side: Cardan shaft safety guard
	MPS_to_DCS[2].8	DRV02B4203_GSLC	Main drive floating roll: Auxiliary drive safety guard
	MPS_to_DCS[2].9	FBJ01B7701_LS	Feeding: Level switch Max
	MPS_to_DCS[2].10	HY50B3401_GLS2	Hydraulic system: Manual shut off valve pump B is open
	MPS_to_DCS[2].11	HY50B3402_GLS1	Hydraulic system: Manual shut off valve pump A is open
	MPS_to_DCS[2].12	HY50B3403_GLS6	Hydraulic system: Manual shut off valve pump B is open
	MPS_to_DCS[2].13	HY50B3404_GLS5	Hydraulic system: Manual shut off valve pump B is open
	MPS_to_DCS[2].14	HY50B3405_GLS4	Hydraulic system: Manual shut off valve pump A is open
MPS_to_DCS[2].15	HY50B3406_GLS3	Hydraulic system: Manual shut off valve pump A is open	

Figura 6.9.a – Ejemplo tabla de registros DCS

Todos los valores digitales son enviados en palabras de 16 bits, los cuales son almacenados por DCS en unos registros predefinidos por el cliente.

MPS_to_DCS	{...}	{...}	Decimal	INT[100]	Signals from MPS to DCS
+ MPS_to_DCS[0]	0		Decimal	INT	Signals from MPS to DCS
- MPS_to_DCS[1]	6935		Decimal	INT	Signals from MPS to DCS
-MPS_to_DCS[1].0	1		Decimal	BOOL	Polycom is available
-MPS_to_DCS[1].1	1		Decimal	BOOL	Polycom has Error
-MPS_to_DCS[1].2	1		Decimal	BOOL	Release material for Polycom
-MPS_to_DCS[1].3	0		Decimal	BOOL	SPARE
-MPS_to_DCS[1].4	1		Decimal	BOOL	Automatic mode DCS selected
-MPS_to_DCS[1].5	0		Decimal	BOOL	Automatic mode HMI selected
-MPS_to_DCS[1].6	0		Decimal	BOOL	Local mode HMI selected
-MPS_to_DCS[1].7	0		Decimal	BOOL	SPARE
-MPS_to_DCS[1].8	1		Decimal	BOOL	Signal transfer: Test bit
-MPS_to_DCS[1].9	1		Decimal	BOOL	Hydraulic pressure control: Swit...
-MPS_to_DCS[1].10	0		Decimal	BOOL	Roller parallel control: Switched...
-MPS_to_DCS[1].11	1		Decimal	BOOL	Feeding: Controller in AUTO mo...
-MPS_to_DCS[1].12	1		Decimal	BOOL	Start cooling water system
-MPS_to_DCS[1].13	0		Decimal	BOOL	Local Switchboard in remote
-MPS_to_DCS[1].14	0		Decimal	BOOL	Scavenging activ
-MPS_to_DCS[1].15	0		Decimal	BOOL	Acknowledge requested
+ MPS_to_DCS[2]	-33		Decimal	INT	Signals from MPS to DCS
+ MPS_to_DCS[3]	596		Decimal	INT	Signals from MPS to DCS
+ MPS_to_DCS[4]	0		Decimal	INT	Signals from MPS to DCS

Figura 6.9.b – Monitoreo de bits enviados a DCS

Por motivo de pruebas siempre se suele probar bit por bit con DCS, pues toda la información que se envía es importante y relevante.

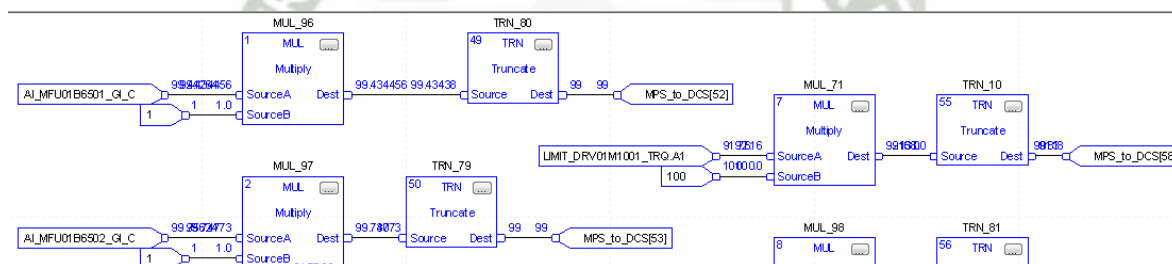


Figura 6.9.c – Envío de señales análogas a DCS

A si mismo también se envían señales análogas a DCS, mas cada valor ocupa toda una palabra de 16 bits.

Para ciertos valores análogos se los multiplica por 10 (o 100 dependiendo del cliente), y en DCS el cliente lo divide por 10, esto por motivo que las tarjetas de entradas de DCS no aceptan decimales, tan solo valores enteros.

7. Estimación económica – Servicio puesta en marcha.

- Tal como el título lo indica, a continuación se presenta una estimación económica referente al costo del servicio de puesta en marcha de los 8 HPGR.



PLANTILLA - SERVICIO PUESTA EN MARCHA - 8 HPGR

1,00 COSTOS DEL PERSONAL					
Descripción	Cant.	Horas	Días	PU - \$	USD
Especialista Mecánico - Lunes a Sábado	3	12	104	170,00	636.480,00
Especialista Mecánico - Domingo	3	12	16	260,00	149.760,00
Especialista Electrónico - Lunes a Sábado	2	12	104	170,00	424.320,00
Especialista Electrónico - Domingo	2	12	16	260,00	99.840,00
Project Manager - Lunes a Sábado	1	12	90	250,00	270.000,00
Viajes - Especialistas	5	40	1	90,00	18.000,00
			SUB TOTAL USD		1.598.400,00
2,00 GASTOS					
Descripción	Cant.		Días	PU - \$	USD
Examen médico	6		1	150,00	900,00
Alimentación Especialistas	6		120	60,00	43.200,00
Hospedaje Especialistas	5		120	100,00	60.000,00
Viaje Bussiness Class para Especialistas	5		1	8.000,00	40.000,00
			SUB TOTAL USD		199.300,00
COSTO TOTAL					1.797.700,00
IMPUESTO ESPECIALISTAS				30%	539.310,00
PRECIO FINAL USD					2.337.010,00

8. Experiencias y resultados del proyecto

8.1 Programación - POLCID

- El lenguaje de programación que usamos para programar nuestras máquinas de Thyssenkrupp es muy práctico, pues simplifica muchas subrutinas en simples bloques de función ; por ende ganamos mucho tiempo en programar y ese tiempo lo podemos utilizar para mejorar otras cosas, a parte que el cliente siempre presiona para que las cosas terminen rápido y bien.
- Usualmente antes de ir a campo a poner en marcha una máquina se suele preparar un pre-programa en Alemania juntando todas las necesidades que requiere el cliente, esto siempre figura en los contratos de servicio.
- El manejo de distribución jerárquico de los bloques de funciones, así como la distribución de grupos por sistema, es muy práctico tanto para programar, para la solución de problemas (Trouble Shooting) o para que cuando un nuevo programador por alguna razón deba continuar lo que el anterior dejo puede ubicarse de mejor manera en el programa y así seguir programando.
- Si bien los FB principales que se usan para esta aplicación de HPGR son los FB GROC, FB SEQU, FB UNID, FB VALV, FB ALARM, existen muchos más bloques de función para otras aplicaciones, tales como procesos más complejos como las cementeras.
- El sistema programación de Rockwell – RSLogix 5000 hace muy sencillo la interacción del manejo de “tags”, orden de programación, clasificación de grupos, monitoreo de señales, envío y recepción de datos y modificaciones de programa.

- Siempre después de concluir un proyecto los programas finales se envían a Alemania, los cuales serán analizados y talvez utilizados como plantilla para futuros proyectos.
- El poner en marcha una de estas máquinas es cosa de trabajo de equipo, pues no es solo de programar y probar, hay que saber de conceptos básicos y avanzados de la máquina, además de la participación del especialista mecánico quien a veces ve si es necesario cambiar algo, como por ejemplo el tiempo de calibración de presión en ambos rodillos, o adelantar los periodos de limpieza de tubería del sistema hidráulico, o aumentar la cantidad de pulsos de grasa que se alimentan a los rodamientos de los rodillos.
- La técnica de “multiplexar” datos solo funciona para variables de cambio lento como lo hicimos con las temperaturas del motor, las cuales cambiaban cada 5 segundos, esto no es recomendable hacer para variables más rápidas, como la vibración.
- Existe un Concepto del uso de “Tags” especiales en RSLogix5000 llamados “Data Types”, los cuales son muy útiles de usar pero poco flexibles de modificar una vez se esté en línea con el sistema, por ende estos “Data Type” se predefinen solo antes de descargar el programa al PLC principal.

Name:

Description:

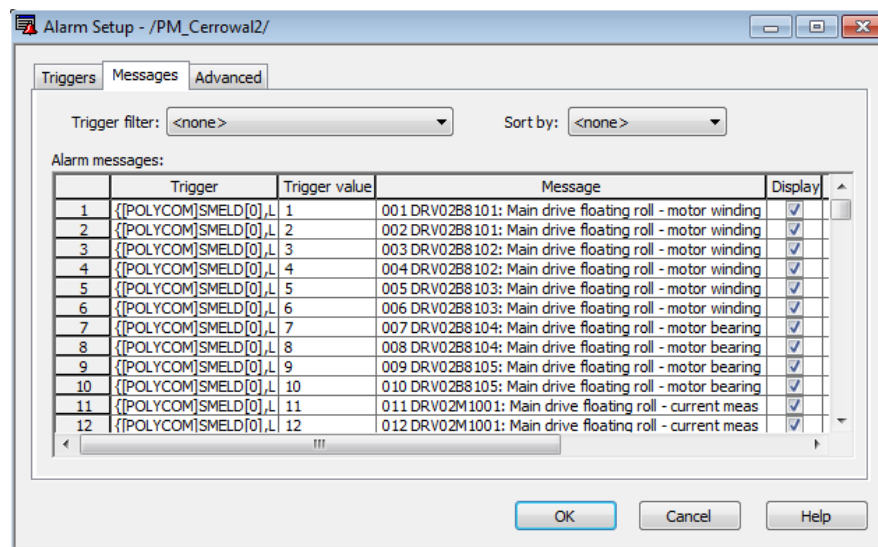
Members: Data Type Size: 52 byte(s)

Name	Data Type	Style	Description	External Access
GEN	DCS_REC_GEN		General messages	Read/Write
DECR_PRESS_LEFT	BOOL	Decimal	Hydraulic system: Decr	Read/Write
DECR_PRESS_RIGHT	BOOL	Decimal	Hydraulic system: Decr	Read/Write
FEEDING_RCR	BOOL	Decimal	Feeding: In operation	Read/Write
DISCHARGE_RCR	BOOL	Decimal	Discharging: In operati	Read/Write
WATCHDOG_IN	BOOL	Decimal	Signal transfer: Test bit	Read/Write
PCS_GEN_ACK	BOOL	Decimal	General acknowledge	Read/Write
POLYCOM_START	BOOL	Decimal	Polycom: Group start	Read/Write
POLYCOM_STOP	BOOL	Decimal	Polycom: Group stop	Read/Write
HPC_SWITCH	BOOL	Decimal	Hydraulic pressure con	Read/Write
RPC_SWITCH	BOOL	Decimal	Roller parallel control	Read/Write
INCR_PRESS_LEFT	BOOL	Decimal	Hydraulic system: Incre	Read/Write
INCR_PRESS_RIGHT	BOOL	Decimal	Hydraulic system: Incre	Read/Write
SPARE_01	BOOL	Decimal	Spare	Read/Write
SPARE_02	BOOL	Decimal	Spare	Read/Write
SPARE_03	BOOL	Decimal	Spare	Read/Write

Figura 8.1.a – Ejemplo de un “Data Type”, datos recibidos de DCS

8.2 Operación

- Tanto el área de ingeniería de TKIS como los programadores de campo tratamos de hacer el SCADA el Polycom lo más simple y práctico posible para el usuario, pues no queremos que los operadores se compliquen más de lo debido.
- El manejo de alarmas es muy sencillo de manejar en el Factory Talk ME, simplemente es el almacenamiento de datos en un Array general llamado SMELD cuya descripción de alarma se indica dentro del Factory Talk, la cual puede ser exportada en un Excel y desde ahí ser modificada.



	Trigger	Trigger value	Message	Display
1	{{POLYCOM}SMELD[0].L 1	1	001 DRV02B8 101: Main drive floating roll - motor winding	<input checked="" type="checkbox"/>
2	{{POLYCOM}SMELD[0].L 2	2	002 DRV02B8 101: Main drive floating roll - motor winding	<input checked="" type="checkbox"/>
3	{{POLYCOM}SMELD[0].L 3	3	003 DRV02B8 102: Main drive floating roll - motor winding	<input checked="" type="checkbox"/>
4	{{POLYCOM}SMELD[0].L 4	4	004 DRV02B8 102: Main drive floating roll - motor winding	<input checked="" type="checkbox"/>
5	{{POLYCOM}SMELD[0].L 5	5	005 DRV02B8 103: Main drive floating roll - motor winding	<input checked="" type="checkbox"/>
6	{{POLYCOM}SMELD[0].L 6	6	006 DRV02B8 103: Main drive floating roll - motor winding	<input checked="" type="checkbox"/>
7	{{POLYCOM}SMELD[0].L 7	7	007 DRV02B8 104: Main drive floating roll - motor bearing	<input checked="" type="checkbox"/>
8	{{POLYCOM}SMELD[0].L 8	8	008 DRV02B8 104: Main drive floating roll - motor bearing	<input checked="" type="checkbox"/>
9	{{POLYCOM}SMELD[0].L 9	9	009 DRV02B8 105: Main drive floating roll - motor bearing	<input checked="" type="checkbox"/>
10	{{POLYCOM}SMELD[0].L 10	10	010 DRV02B8 105: Main drive floating roll - motor bearing	<input checked="" type="checkbox"/>
11	{{POLYCOM}SMELD[0].L 11	11	011 DRV02M 1001: Main drive floating roll - current meas	<input checked="" type="checkbox"/>
12	{{POLYCOM}SMELD[0].L 12	12	012 DRV02M 1001: Main drive floating roll - current meas	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 8.2.a – Ejemplo de la descripción de alarmas en Factory Talk

- Realizamos el SCADA del sistema lo más simple posible para que el sistema funcione lo más rápido que se pueda evitando posibles congelamientos de pantalla por falta de memoria en el HMI.
- El “trouble-Shooting” para este sistema es muy sencillo debido a que tratamos siempre de tener una alarma para cada fallo, entonces es más fácil ver, en caso de una falla, cual fue el problema.
- Nosotros como “vendedores” de la máquina apoyamos también al cliente a estructurar mejor su SCADA en DCS, para que tenga todas las similitudes posibles a nuestro HMI.

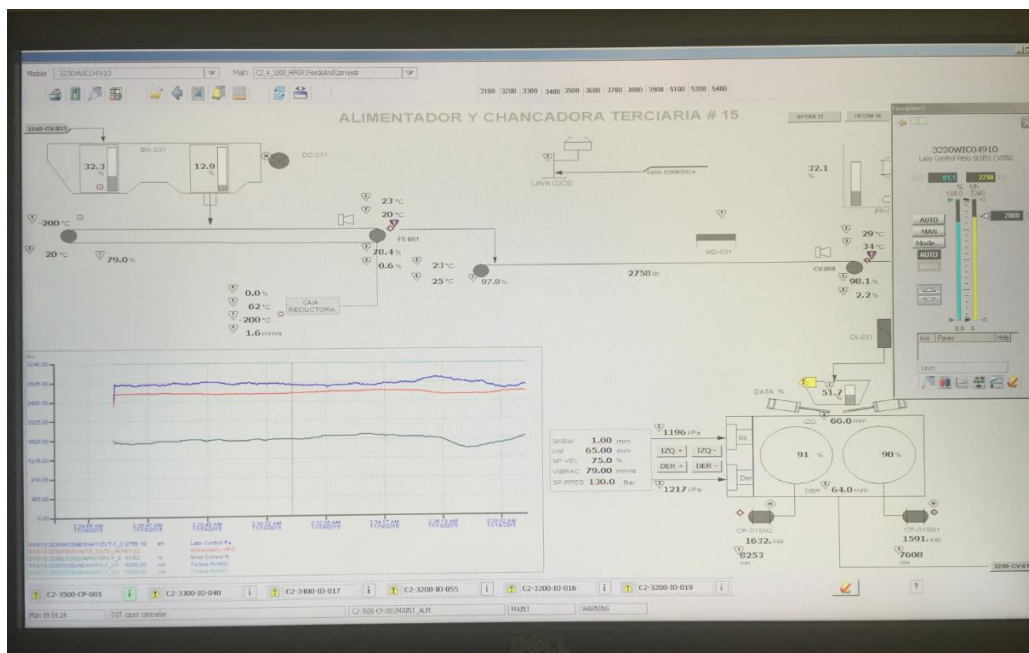


Figura 8.2.b – Pantalla de Operación HPGR - DCS

- Hay factores incontrolables que a veces pueden causar fallas en el HPGR, pues como es el tipo de mineral que recibe, pues puede que en la faja de alimentación por una mala distribución de mineral, recibamos de un lado mucho material fino mientras que en el otro lado mucho material grueso lo que nos causaría una posible falla de desviación, si bien nuestro control RPC podría superar este problema, el cliente no quiso tenerlo activo constantemente, pues reduciría el nivel de presión (140 – 150 bar) de trabajo, por ende el buen funcionamiento depende de la buena distribución de mineral en las tolvas de alimentación de fajas.
- Uno de los bits más importantes que enviamos a DCS es el bit de confirmación de que ya el HPGR puede recibir mineral, pues el recibir alimentación no solo depende que el HPGR este encendido, si no que

la faja de descarga del HPGR también este encendido, no queremos ningún problema mecánico en esa faja de descarga, pues después tendrían que sacar el mineral acumulado de esa faja de forma manual.

- Siempre en nuestros HPGR tratamos de hacerlos lo más autónomo posible para que operaciones tan solo tenga que poner un “Set Point” de alimentación y el sistema trabaje en base a este “Set Point”.
- Usualmente después de cada puesta en marcha le damos un entrenamiento a operaciones, explicando los principio de operación del HPGR, tales como :
 - La secuencia de arranque y parada.
 - Las fallas comunes que puede tener el HPGR.
 - Se debe monitorear eventualmente los niveles de aceite y grasa, tanto para el sistema hidráulico como el de lubricación.
 - El motivo que tiene el modo “Scavenging” del sistema hidráulico.
 - El “qué hacer” ante una falla por desviación en el rodillo móvil, el cual es hacer uso manual del sistema hidráulico.
 - La re-calibración cada cierto mes del valor “Zero Gap”, a causa del desgaste de rodillos.
 - Mientras más alimentación (hasta los límites permitidos por diseño) sea enviado al HPGR, todo funcionara mejor tales como el gap de trabajo, velocidad de rodillos y presión de trabajo.
- Hay muchos parámetros que se pueden cambiar vía HMI, más a estos parámetros los bloqueamos bajo una clave, para que solo personal autorizado y que sepa que es lo que va a hacer, pueda cambiar estos valores.

- La función que ponemos sobre el tiempo acumulado de trabajo del Polycom, ayuda al cliente a saber en qué momento deberían revisar los rodillos, pues estos se desgastan y se suelen cambiar cada 9 meses o 1 año, dependiendo el tipo de material de “Studs” y “Edge Blocks” del rodillo (Componentes del rodillo tipo dientes que sirven para moler el mineral); este tiempo solo puede ser reseteado por personal autorizado, el cual se realiza una vez instalados un nuevo par de rodillos.

8.3 Control de procesos

- Una de las ideas principales que se tuvo para el proyecto fue el realizar un control Cascada en el que:
 - Nuestro PLC del MPS, controlaría directamente la velocidad (por cableado duro) de la faja alimentadora del HPGR.
 - Esta velocidad variaría en función al nivel de tolva y la cantidad de mineral que el cliente quisiera alimentar.
 - La velocidad de los rodillos se mantendría de forma constante, a una velocidad del 100%.
 - Sin embargo el control fue muy inestable y difícil de operar.

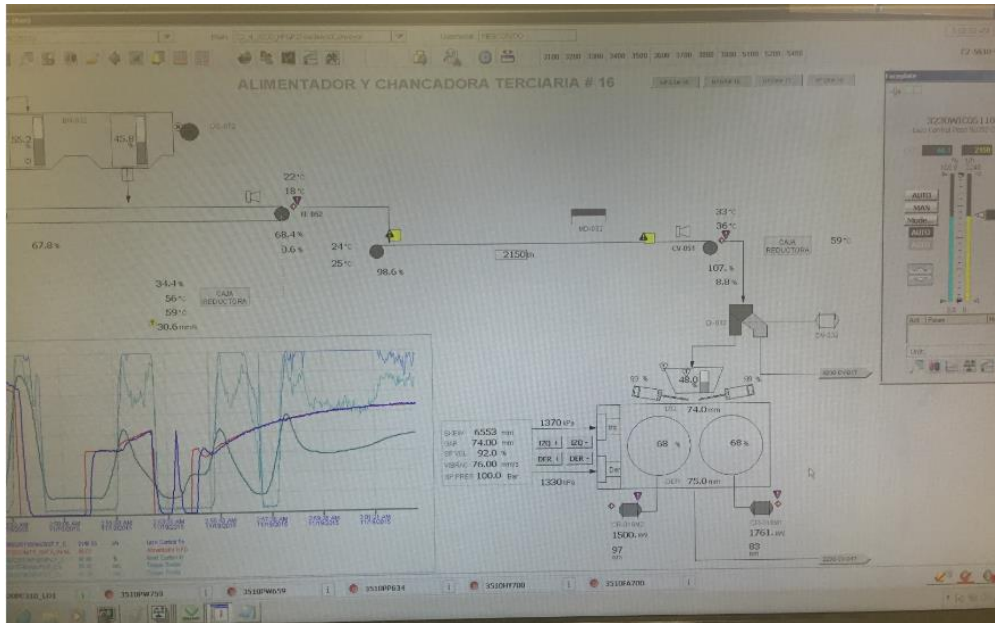


Figura 8.3.a – Pruebas control cascada con DCS

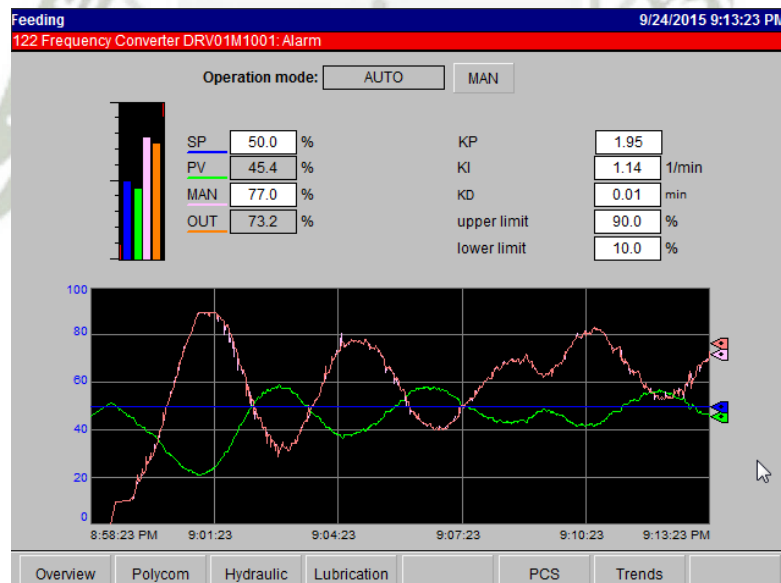
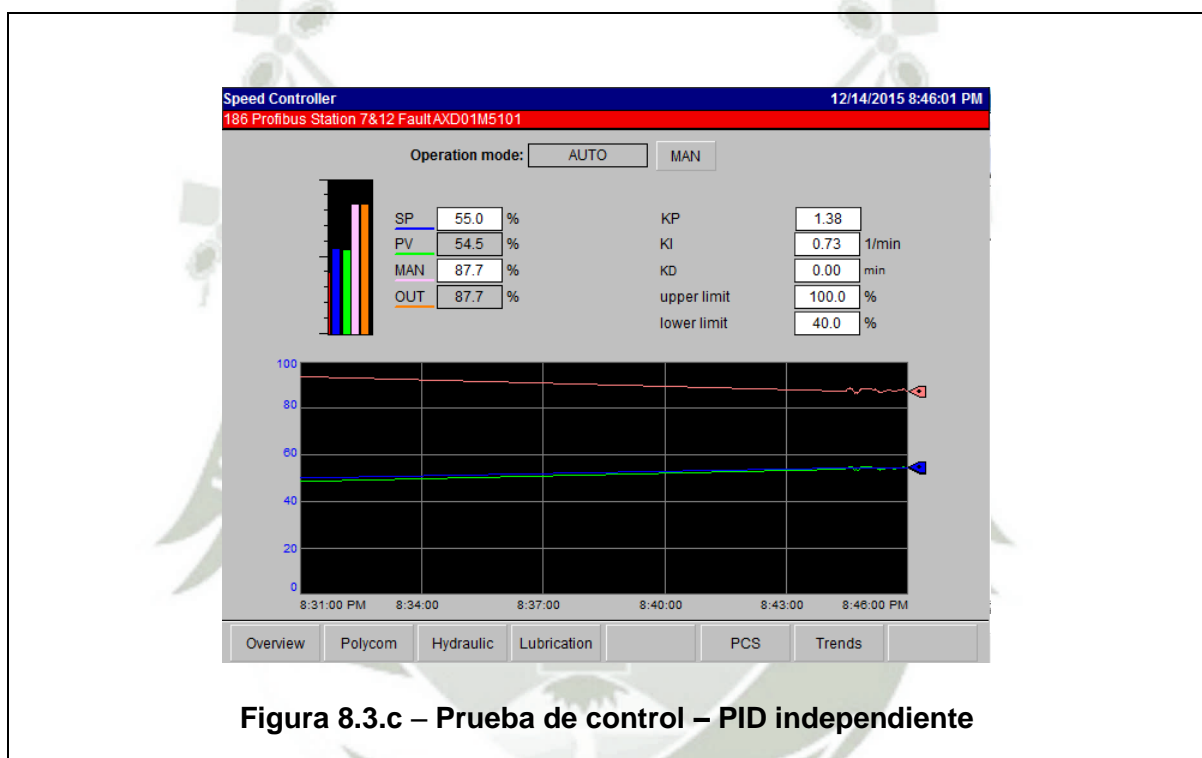


Figura 8.3.b – Pruebas Control Cascada con MPS

- Como resultado se decidió hacer dos controles PID en paralelo en el que nuestro PLC local se encargaría de controlar la velocidad de los

rodillos en función al nivel de carga existente en la tolva de alimentación.

- Por el lado de DCS, ellos realizarían un control independiente en el que regularían la velocidad de sus fajas alimentadoras en función a la cantidad de mineral que deseaban triturar.
- El resultado fue mucho más estable tanto para el arranque como para la operación del HPGR.



- El control HPC y RPC son controles estándar que se pre-programan en Alemania, mas dependiendo alguna necesidad extra del cliente, estos pueden ser modificados.

9. Conclusiones finales

- En algunos HPGR se tuvo algunos problemas con altas corrientes en los motores debido a la alta presión de trabajo entre los rodillos (150 bar), pero realizando unas modificaciones mecánicas en los chutes de alimentación, se pudo alcanzar hasta 3300~3500 Ton/h como máximo, el cliente trabaja a 2900 ~ 3100 Ton/h.
- Gracias al buen funcionamiento de los variadores y motores ABB se pudo tener arranques de los HPGR bastante suaves, adicionando que según la filosofía de control del HPGR, nunca se arranca con material entre los rodillos pues estos, en su secuencia de arranque, se abren dejando pasar el material estancado a la faja de descarga; este material no chancado regresa al proceso gracias a alas zarandas posteriores que clasifican el material grueso del fino.
- Como se comentó en el punto anterior, el cliente solicitó trabajar a una presión entre rodillos de 150 bar. Realizando unas modificaciones en la tolva de alimentación, se pudo tener una mejor distribución de carga entre los rodillos y así poder trabajar satisfactoriamente con 150 bar.
- Como política en Thyssenkrupp siempre se trata de realizar las interfaces de HMI lo más simple posible como para que un operador de campo no tenga problemas en visualizar estados, alarmas, tendencias y fallas. Bajo una evaluación del cliente, se concluyó que nuestra interface es bastante amigable y los operadores de campo dieron crédito de esto.
- Después de más de un año desde que se culminó con la puesta en marcha de estos HPGR el cliente no ha tenido problemas críticos, estos

Polycoms trabajan 24 H al día, 7 días a la semana con una producción constante de 2900~3100 ton/h.

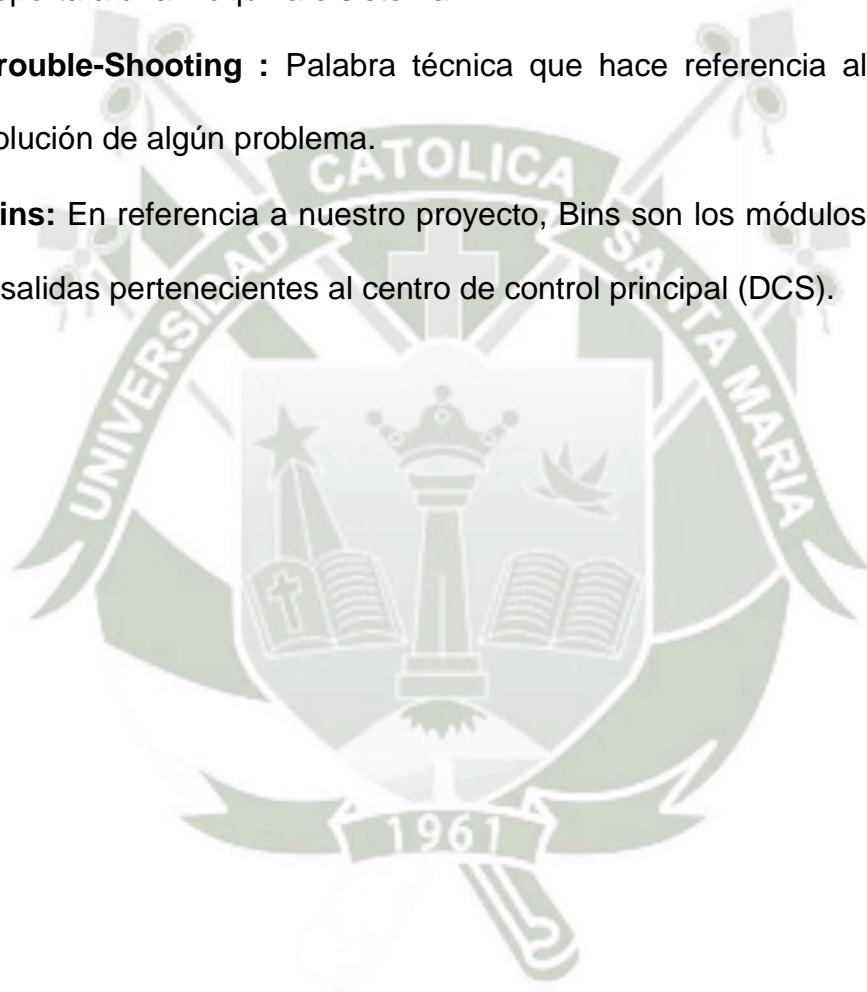
- Bajo extensas pruebas de “interlocks” y alarmas se logró que todas estas trabajaran de forma correcta, a su vez se realizó la traducción de todas las alarmas al idioma español, pues así lo requería el cliente. Por nuestra parte enviamos un aproximado de 150 alarmas y estados a DCS, más el cliente solo utiliza las más importantes.



10. Acrónimos

- **HPGR** : Molino de alta presión o “High Pressure Grinding Roll”
- **Polycom**: Nombre alternativo del HPGR, el cual las oficinas de Thyssenkrupp le dieron.
- **DCS**: Referencia al centro de control principal, el cual controla todos los subsistemas existentes de la Mina.
- **Interlock**: Término técnico de enclavamiento, el cual hacer mención a una pre-condición o condición de arranque o funcionamiento de una máquina u proceso.
- **HMI**: Interface didáctico que el operador utiliza para controlar una máquina, de las siglas en inglés “Human Machine Interface”.
- **Tag**: Marca o nombre que sirve para identificar una variable dentro de un programa.
- **Slider**: En referencia a este proyecto, se le dice Slider a las guillotinas de apertura y cierre instaladas en la tolva de alimentación del HPGR.
- **Array**: Se refiere a un conjunto de datos sean variables tipo real, enteros, binarios, etc.
- **Zero-speed**: Término que se utiliza para cuando un elemento móvil está en estado de reposo. Existen sensores cuyas funciones se les asigna como Zero-speed, el cual deberá indicar al sistema cuando es que el elemento móvil está en estado de reposo o empezó a moverse.
- **Heater**: Término técnico de un calentador.
- **Drives**: Para este proyecto, es un término técnico para los motores principales.

- **Vendor:** Se refiere a la empresa que suministra la ingeniería y venta de un determinado equipo, para este trabajo el vendor es Thyssenkrupp.
- **Gap:** Término que hace referencia a la distancia que hay entre dos objetos, para nuestro caso el zero-gap, es la distancia inicial que existe entre los rodillos del HPGR.
- **Frame:** Término técnico para la estructura (usualmente metálica) que soporta a una máquina o sistema.
- **Trouble-Shooting :** Palabra técnica que hace referencia al proceso de solución de algún problema.
- **Bins:** En referencia a nuestro proyecto, Bins son los módulos de entradas y salidas pertenecientes al centro de control principal (DCS).

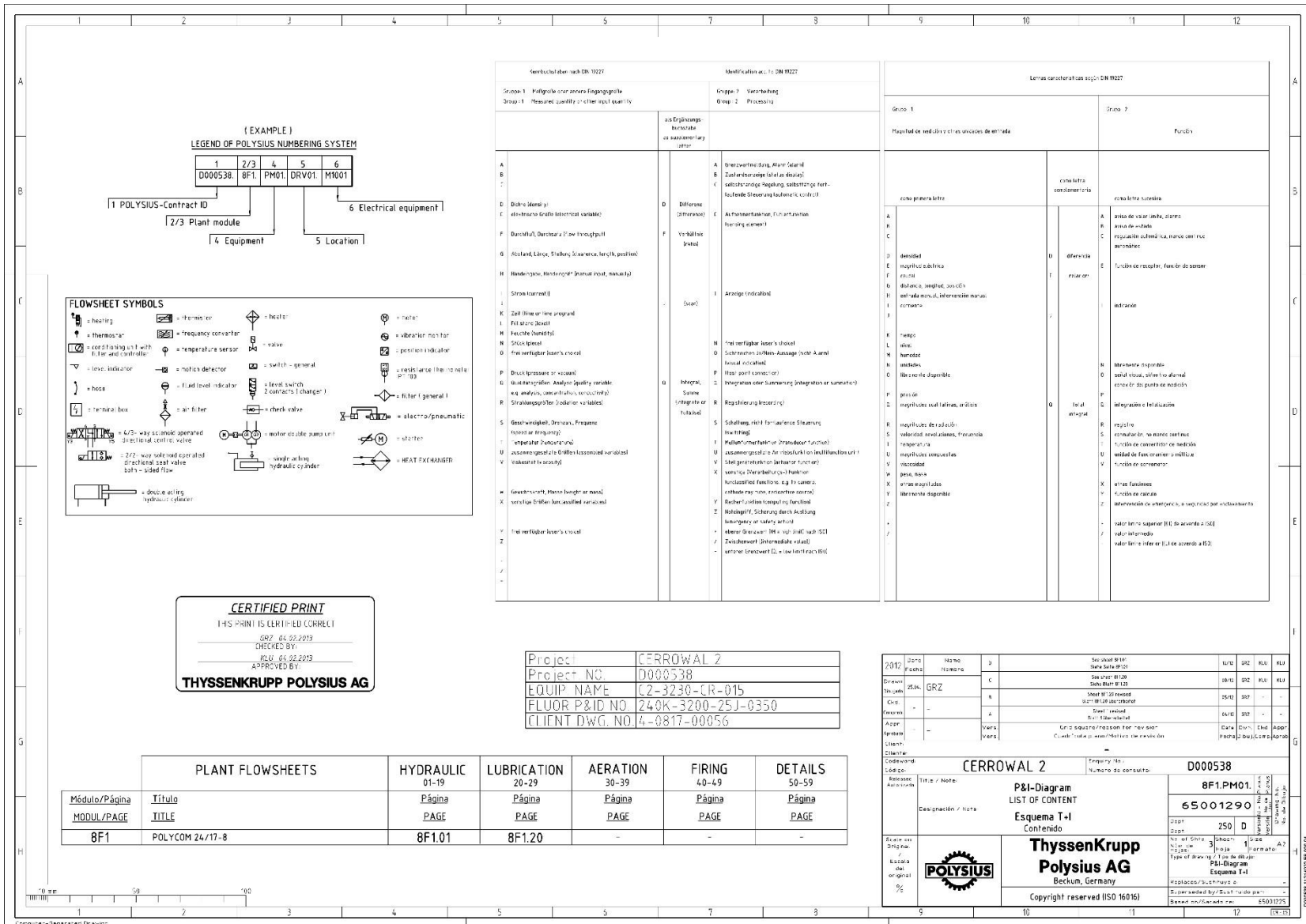


11. Bibliografía.

- Thyssenkrupp Industrial Solutions – “**POLCID NT, Sistema de mando SoftLogix 58xx y ControlLogix (V16)**”. Alemania: Departamento de Control y Automatización. Doc. Es-16241.006-B
- Wolfgang Partsch – “**Diseño, Control y Proceso de la prensa Polycom**”. Alemania: Thyssenkrupp.
- Rockwell Automation – “**Manual Módulos I/O Análogos**”. Doc 1756-um533.
- Rockwell Automation – “**Manual Módulos I/O Digitales**”. Doc 1756-td002.
- Rockwell Automation- “**Módulo de Interface Ethernet Control-logix**”. Doc 1756-um0051.
- Thyssenkrupp Industrial Solution – “**Control Logics for HPGR**”. Alemania: Departamento de Control y Automatización. Doc. Es-16052.081.
- Frank Shröers – “**Process Function Diagrams for HPGR**”. Alemania: Thyssenkrupp Industrial Solution. Doc. 70792658_D00538.
- Thyssenkrupp Industrial Solution – “**Diagramas eléctricos**”. Alemania: Departamento Eléctrico. Doc.8F1.PM05.XCC01.
- ABB Drives – “**Serial Interface (Profibus) Overview**” for HPGRS ACS1000 Drive System. Suiza: Departamento de VFDs.

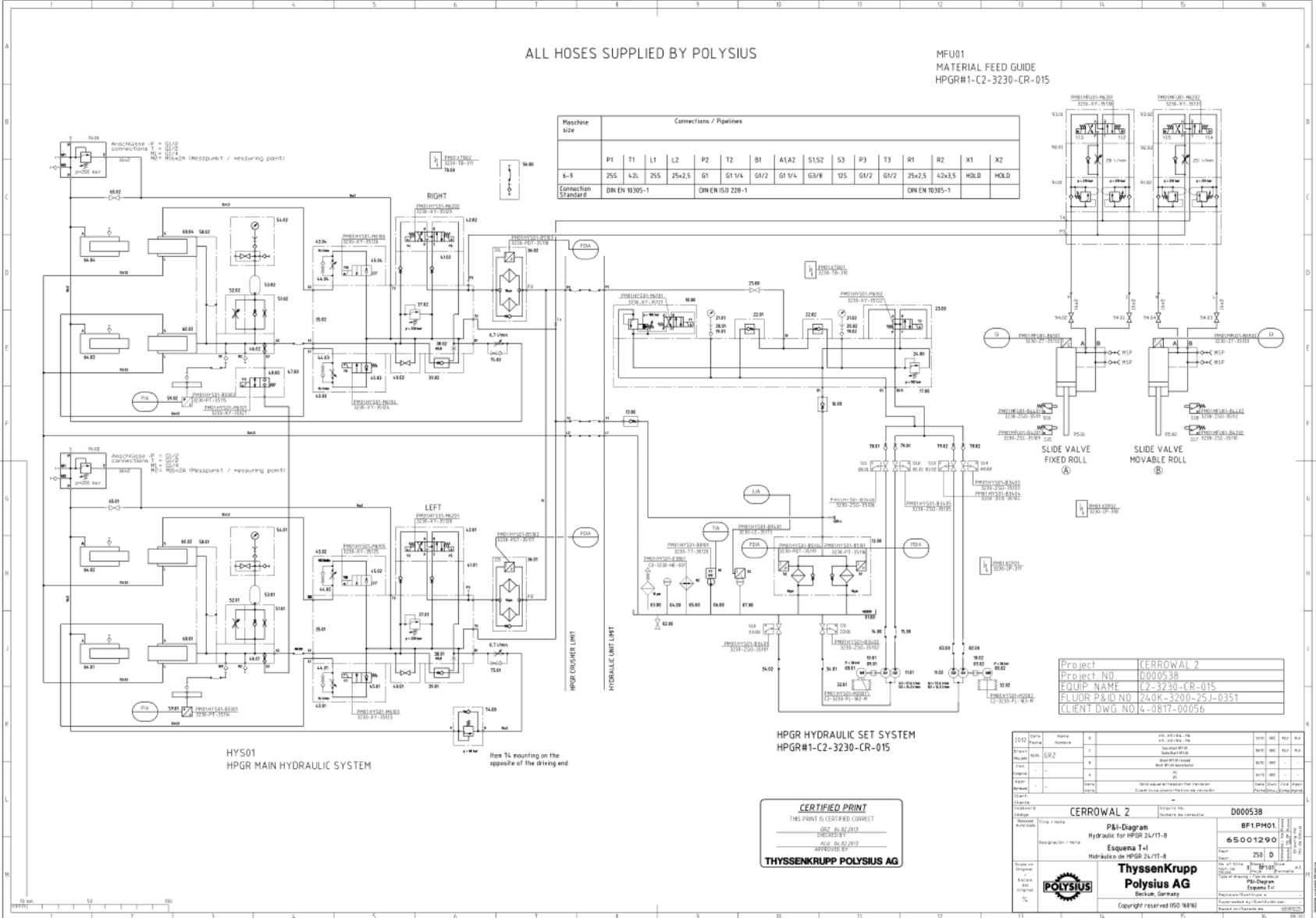
12. Anexos.

- **Plano Eléctrico e Hidráulico – HPGR**



ALL HOSES SUPPLIED BY POLYSIUS

MFU01
MATERIAL FEED GUIDE
HPGR#1-C2-3230-CR-015



Machine size	Connections / Pipelines															
6-9	P1	T1	L1	L2	P2	T2	B1	A1A2	S1S2	S3	P3	T3	R1	R2	X1	X2
Connection Standard	DIN EN 10305-1								DIN EN ISO 228-1							

HYS01
HPGR MAIN HYDRAULIC SYSTEM

HPGR HYDRAULIC SET SYSTEM
HPGR#1-C2-3230-CR-015

Project	CERROWAL 2
Project NO	D000538
EQUIP NAME	C2-3230-CR-015
FLUOR P&ID NO	24.0K-3200-25J-0351
CLIENT DWG. NO	4-0817-00056

CERTIFIED PRINT
THIS PRINT IS CERTIFIED CORRECT
DATE: 01.02.2017
BY: 01.02.2017
HYDRAULIC
THYSSENKRUPP POLYSIUS AG

DATE	NAME	NO.	REV.	DATE	BY
01.02.2017	ERZ	1	1	01.02.2017	ERZ
01.02.2017	ERZ	1	1	01.02.2017	ERZ
01.02.2017	ERZ	1	1	01.02.2017	ERZ
01.02.2017	ERZ	1	1	01.02.2017	ERZ
01.02.2017	ERZ	1	1	01.02.2017	ERZ

CERROWAL 2
P&ID Diagram
Hydraulic for HPGR 24/17-B
Esquina T-I
Hidráulico de HPGR 24/17-B

ThyssenKrupp Polysius AG
Buckum, Germany
Copyright reserved ISO 14001

