



Universidad de Oviedo

Memoria del Trabajo Fin de Máster realizado por

DANIEL ÁLVAREZ DELGADO

para la obtención del título de

Máster en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial

**MIGRACIÓN DE LA INGENIERÍA DE CONTROL Y
SUPERVISIÓN DE UNA MÁQUINA
RECTIFICADORA DE CILINDROS DE
LAMINACIÓN EN FRÍO**

JULIO 2017

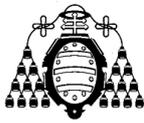


ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
AGRADECIMIENTOS	7
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. OBJETIVO Y ALCANCE.....	8
1.2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA	9
2. ESTADO DEL ARTE	10
2.1. MÁQUINA RECTIFICADORA	10
2.1.1 INTRODUCCIÓN.....	10
2.1.2 PARTES.....	11
2.1.3 TIPOS.....	11
2.2. MUELA.....	13
2.2.1 CARACTERÍSTICAS	13
2.2.2 MATERIALES.....	14
2.3. SEGURIDAD	15
2.4. CONCEPTOS DE REVAMPING Y MIGRACIÓN.....	15
2.5. SISTEMA IBA	16
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	17
3.1. SITUACIÓN INICIAL.....	17
3.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	20
3.3. PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO.....	21
3.4. MONTAJE	22
3.5. SEÑALES PLC	26
3.6. PROGRAMACIÓN.....	32
3.7. HMI	38



4. CONCLUSIONES	49
5. GLOSARIO DE TÉRMINOS	50
6. BIBLIOGRAFÍA	51
LIBROS	51
DOCUMENTOS WEB.....	51



Índice de figuras

Figura 2.1 Operación de rectificado	10
Figura 2.2 Rectificado frontal y tangencial	11
Figura 2.3 Rectificado cilíndrico interno.....	12
Figura 2.4 Rectificado cilíndrico externo	12
Figura 2.5 Rectificado cilíndrico sin centros.....	13
Figura 2.6 Muela abrasión	14
Figura 3.1 Logo Arcelor Mittal	17
Figura 3.2 Funcionamiento rectificadora cilíndrica exterior	18
Figura 3.3 Cilindro preparado para rectificar	18
Figura 3.4 Carro portamuela con panel de operador	19
Figura 3.5 Separador magnético rectificadora.....	20
Figura 3.6 HMI en armario eléctrico	22
Figura 3.7 Placas 1 y 2 del armario eléctrico	23
Figura 3.8 Placas 3 y 4 del armario eléctrico	24
Figura 3.9 Panel de operador.....	25
Figura 3.10 Remota del plc.....	26
Figura 3.11 Árbol de proyecto Step 7.....	32
Figura 3.12 Hardware proyecto Step 7.....	33
Figura 3.13 Hardware PLC.....	33
Figura 3.14 Harware Remota PLC	34
Figura 3.15 Harware Acoplador DP/DP.....	34
Figura 3.16 Bloques de datos Step 7	35
Figura 3.17 Funciones Step 7	38
Figura 3.18 Arbol de proyecto TIA Portal v13	39
Figura 3.19 Comunicación Pantalla-PLC.....	40
Figura 3.20 Variables HMI.....	41
Figura 3.21 Pantalla de Inicio.....	42
Figura 3.22 Login HMI	42
Figura 3.23 Usuarios HMI.....	43
Figura 3.24 Pantalla de Menú.....	43



Figura 3.25 Pantalla Cabezal del husillo	44
Figura 3.26 Pantalla Muela.....	45
Figura 3.27 Pantalla Carro Portamuela.....	45
Figura 3.28 Pantalla Avance.....	46
Figura 3.29 Pantalla Alarmas	47
Figura 3.30 Avisos HMI.....	48



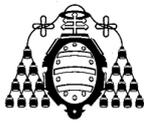
Índice de tablas

Tabla 1 Planificación	21
Tabla 2 Desarrollo del proyecto	21
Tabla 3 Diagrama de Gantt.....	22
Tabla 4 Salidas Digitales PLC.....	27
Tabla 5 Salidas Digitales Remota.....	28
Tabla 6 Entradas Digitales PLC	30
Tabla 7 Entradas Digitales Remota	31
Tabla 8 Salidas Analógicas PLC – Acoplador DP/DP	32
Tabla 9 Salidas Analógicas Remota	32
Tabla 10 Entradas Analógicas Remota.....	32
Tabla 11 Direccionamiento Profibus	34



Agradecimientos

Me gustaría agradecer a todas las personas que me han ayudado a llevar a cabo este proyecto, en primer lugar a *Reyes Poo Argüelles* como mi tutora del trabajo, también a *Felipe Mateos Martín* como tutor de las prácticas por ayudarme sobre todo a conseguir esta oportunidad, a toda la comisión académica del máster por la buena formación que nos han brindado, a *Emilio Ovies Marcos* como mi tutor de la empresa por la confianza mostrada y por darme la oportunidad de formar parte de Iturcemi, y por último a todos los compañeros de Iturcemi con los que he trabajado y me han ayudado en la ejecución de este proyecto.



1. Introducción

1.1. OBJETIVO Y ALCANCE

En la actualidad, en el ámbito industrial se pueden encontrar una gran cantidad de máquinas operando desde hace 30 o 40 años en diversos procesos de producción. En la mayoría de estos casos, la máquina aún tiene un funcionamiento correcto, sin embargo, sus equivalentes más modernas, pueden presentar diferentes mejoras para la producción como mejor precisión, reducción de tiempos, menores consumos, etc. En definitiva, una mejora y optimización propias de la evolución de la tecnología de los últimos años.

Sin embargo, en muchos casos, con una adecuación de la máquina antigua, se pueden alcanzar una mejora de prestaciones y una ampliación de su longevidad con una inversión mucho menor que la adquisición, sustitución e implantación de una máquina nueva.

De esta forma, el objetivo de este proyecto es realizar una renovación del aspecto eléctrico y de control de una máquina rectificadora de cilindros en frío.

Por tanto, los objetivos concretos del proyecto son:

- Reemplazar los armarios eléctricos de la máquina rectificadora.
- Sustituir el panel de operador del pupitre de la máquina.
- Implementar un HMI en el armario eléctrico.
- Enviar datos de la máquina al siguiente nivel de control de la empresa de producción.
- Realizar la migración de la lógica de control de la máquina.



1.2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

ITURCEMI es una empresa dedicada al diseño, fabricación, montaje, puesta en marcha y mantenimiento de todo tipo de proyectos eléctricos e instrumentación para el sector industrial, tanto de baja, como de media y alta tensión.

La empresa desarrolla su actividad en industrias tales como plantas de energía, tratamiento de aguas y residuos, siderurgia y transformación del acero, áridos y canteras, cementeras, alimentarias, químicas y papeleras.

ITURCEMI realiza todos los trabajos necesarios para el desarrollo de un proyecto industrial tales como ingeniería, programación, fabricación, instalación, puesta en marcha, mantenimiento, formación de trabajadores, asistencia técnica...

La empresa cuenta con una oficina técnica la cual elabora los proyectos eléctricos y desarrolla el software específico para cada aplicación, así como también realiza otras muchas funciones necesarias para el desarrollo de los proyectos: tramitación de certificados de instalación, visados, direcciones de obra en Colegios profesionales y Administraciones Públicas, supervisión de la ejecución de los trabajos, pruebas y puesta en marcha.

Información de contacto:

Área Científico- Tecnológica Edificio INTRA 1- Oficina 4

Avenida Jardín Botánico nº 1345

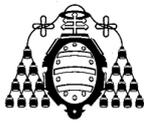
33203 Gijón

Tel.: 985303724 / Fax: 985303725

E- mail: iturcemi@iturcemi.com

Web: <http://www.iturcemi.com/>





2. Estado del arte

2.1. MÁQUINA RECTIFICADORA

2.1.1 INTRODUCCIÓN

Una rectificadora es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por abrasión, con mayor precisión dimensional y menor rugosidad que en el mecanizado por arranque de viruta. Se aplica después de que la pieza ya ha sido sometida a otras máquinas herramienta que han quitado las impurezas mayores, dejando solamente un pequeño excedente de material para ser eliminado por la rectificadora con precisión. Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido mediante tratamiento térmico. Para el rectificado se utilizan discos abrasivos robustos llamados muelas.

Principalmente, el rectificado es una operación de mecanizado aplicado a piezas que requieren de unas medidas y tolerancias exigentes. Estas pueden ser dimensionales (diametral, longitudinal o angular), de forma (paralelismo, perpendicularidad, etc.) o de acabado superficial (rugosidad, dirección del rayado, etc.).

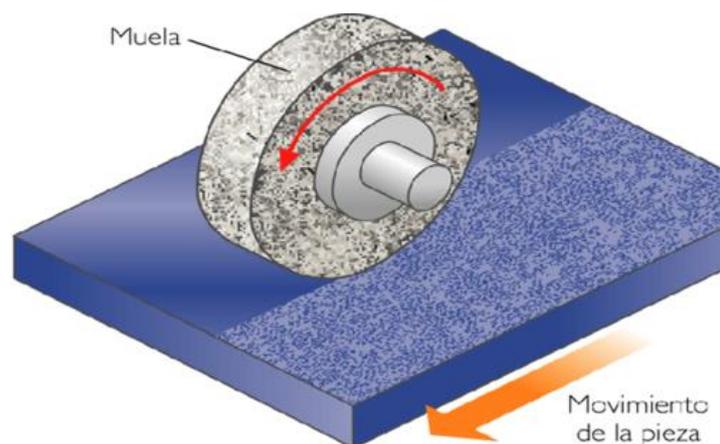


Figura 2.1 Operación de rectificado



2.1.2 PARTES

Normalmente, las rectificadoras están compuestas por una bancada que sirve de armadura y unas guías horizontales que definen su recorrido, sobre las que se desplaza el carro portamuelas. En el carro se encuentra la muela, además de los distintos sistemas de lubricación, refrigerado, y los motores correspondientes a cada parte. También consta de un separador magnético y un foso de decantación para eliminar la viruta resultante del trabajo de la pieza.

2.1.3 TIPOS

Según las características de las piezas a rectificar se utilizan diversos tipos de rectificadoras, siendo las más destacadas las siguientes:

- **Las rectificadoras universales** son máquinas generalmente de gran tamaño y que permiten realizar todo tipo de rectificados, adaptándose en posiciones y velocidades de la muela según el objetivo de producción.
- Las **rectificadoras planeadoras** o **tangenciales** constan de una muela y un carro portamuela que se mueve lateralmente, sobre el que se coloca la pieza a rectificar. También hay máquinas en las que se coloca sobre una plataforma magnética. Se emplea para rectificar superficies planas.

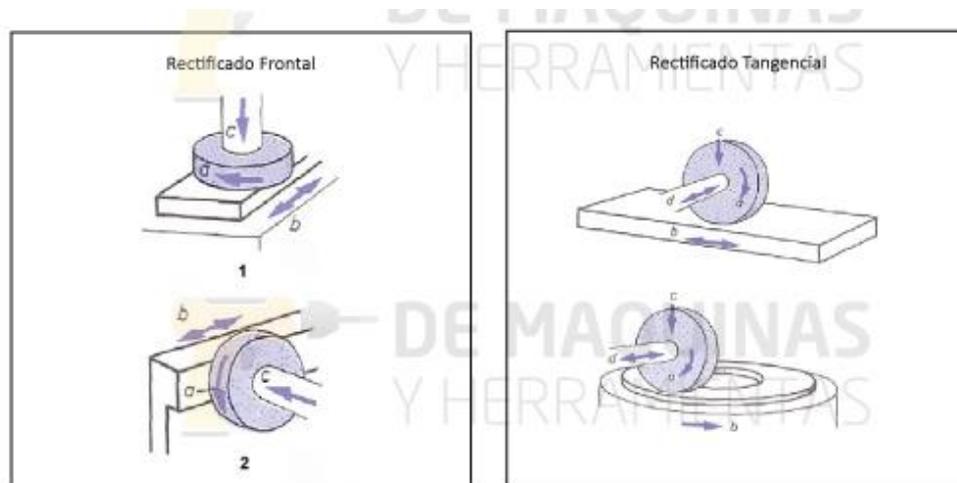


Figura 2.2 Rectificado frontal y tangencial

- **Las rectificadoras cilíndricas:** existen varios subtipos según su funcionamiento, pero todos tienen en común que la pieza tiene un eje central para girar. Son los siguientes:
 - **Rectificadoras cilíndricas internas:** el trabajo se realiza en la parte interna de la pieza. La pieza se mantiene inmóvil con una abrazadera o similar mientras la muela trabaja en su cara interna.

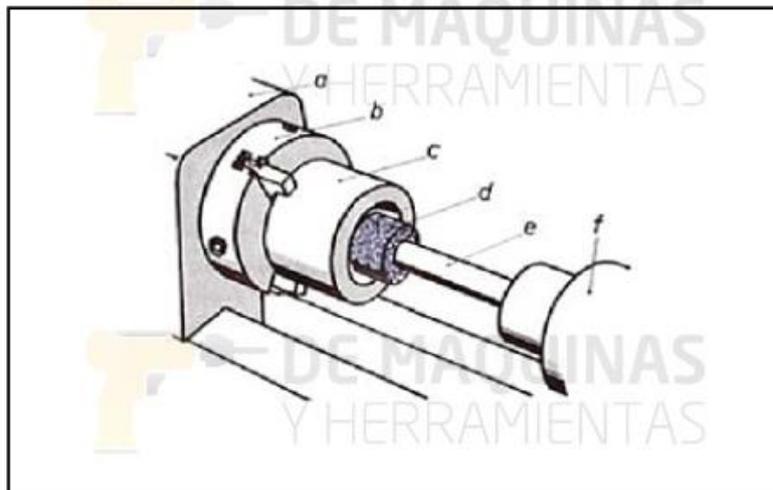


Figura 2.3 Rectificado cilíndrico interno

- **Rectificadoras cilíndricas externas:** el trabajo tiene lugar en la cara externa de la pieza. Tanto la pieza como la muela giran en el mismo sentido.

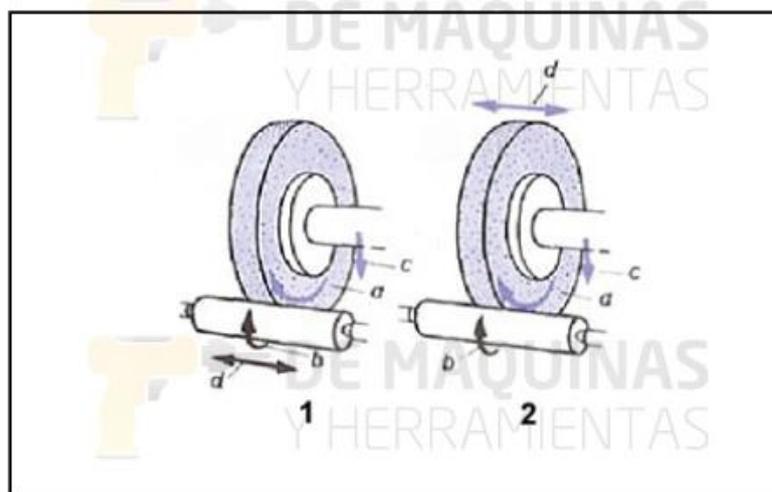


Figura 2.4 Rectificado cilíndrico externo



- **Rectificadoras cilíndrica sin centros:** se utiliza normalmente con piezas cilíndricas de dimensiones reducidas. En este caso la máquina posee dos muelas que giran en el mismo sentido mientras la pieza sin sujeción se coloca entre ambas, girando en sentido contrario a las muelas.

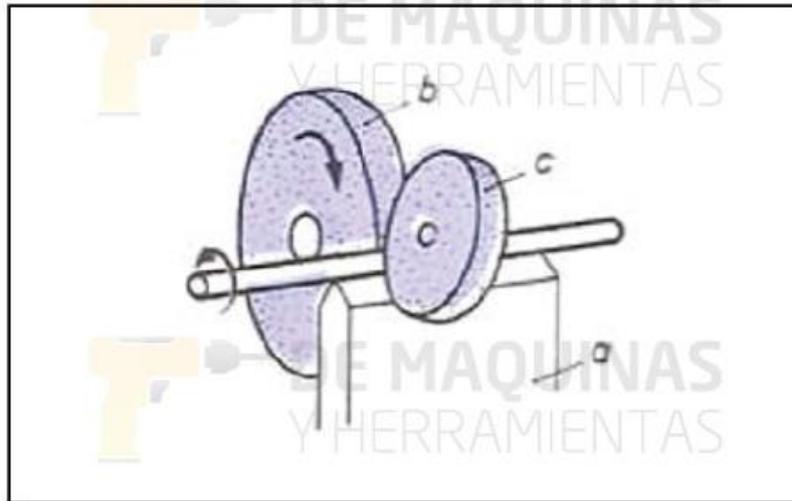


Figura 2.5 Rectificado cilíndrico sin centros

2.2. MUELA

2.2.1 CARACTERÍSTICAS

Están compuestas por granos abrasivos aglomerados dispersos en una masa que da la forma de la herramienta, normalmente circular. Los granos actúan como infinitos filos que, al incidir con una velocidad alta sobre la pieza trabajada, estos le arrancan partículas de material muy pequeñas.

Los datos característicos de una muela son:

- tipo de abrasivo
- granulación (gruesa, mediana, fina o muy fina)
- tenacidad (muy blanda, blanda, mediana, dura o muy dura)
- estructura (cerrada, mediana o abierta)
- tipo de cemento aglomerante.



Figura 2.6 Muela abrasión

2.2.2 MATERIALES

Los abrasivos utilizados actualmente son artificiales. Los principales requisitos que deben poseer los abrasivos son:

- Dureza
- Resistencia al desgaste
- Resistencia a la rotura

El tamaño de los granos depende de la aplicación que se le va a dar a la muela. Los granos finos producen superficies más lisas que los gruesos, pero por el contrario no tienen capacidad para eliminar tanto metal como éstos. En muelas desbastadoras se usa grano grueso mientras que para muelas de rectificado se emplean granos desde medianos a finos, pudiendo llegar a muy finos para el caso del pulido.

Los aglomerantes determinan la resistencia y la velocidad máximas de la muela. Pueden ser de varios tipos: cerámicos, de silicato sódico y arcilla, o bien elásticos.



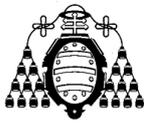
2.3. SEGURIDAD

Las máquinas rectificadoras requieren que el operario siga una serie de normas de seguridad.

- Seguridad personal:
 - Los trabajadores deben utilizar gafas de seguridad contra impactos.
 - Se debe llevar la ropa de trabajo bien ajustada. Las mangas deben llevarse ceñidas a la muñeca.
 - Se debe usar calzado de seguridad que proteja contra cortes y pinchazos, así como contra caídas de piezas pesadas.
 - El pelo largo y suelto es peligroso y debe evitarse recogiendo bajo casco. Tampoco es recomendable barba larga.
 - Se debe usar guantes contra cortes y abrasión.
 - No debe llevarse cualquier prenda que cuelgue del cuello como bufandas, cadenas o corbatas.
- Seguridad para la maquinaria:
 - Lubricar la bancada para el correcto deslizamiento del carro portañuela.
 - Refrigerar correctamente la pieza rectificada y la muela.
 - Vigilar el sobrecalentamiento de los motores.
 - Sustituir las muelas por desgaste según las indicaciones del fabricante.
 - Limpiar y retirar las virutas surgidas durante el proceso, y evitar su acumulación.

2.4. CONCEPTOS DE REVAMPING Y MIGRACIÓN

- El **Revamping** es una operación que permite la revisión y reestructuración de las máquinas ya existentes en una industria con el fin de alargar su vida útil dentro del proceso productivo y obtener beneficios en términos de las prestaciones, actualizándola e incorporándola en los esquemas productivos de su propia realidad industrial. Renovar una instalación significa superar límites de diseño y límites tecnológicos integrando el proyecto original con soluciones a la vanguardia en línea con las necesidades actuales de la empresa. Generalmente resulta una solución más rentable desde un punto de vista económico que realizar una nueva instalación.



- La **migración** de procesos y datos y la transferencia correcta de históricos a nuevos sistemas de control y gestión son exigencias que, antes o después, adquieren importancia dentro de cualquier industria. Para evitar estar vinculados de por vida a programas y/o equipos obsoletos y asegurar la futura productividad de la empresa, a menudo es necesario acometer profundas modificaciones en los sistemas de control y adquisición de datos. Cuando el replanteamiento de los procesos productivos exige la implantación de un nuevo sistema de control, la migración de datos se ha de realizar sin poner en peligro la integridad de los datos, ni la pérdida de funcionalidad, sino más bien aprovechando la ocasión para optimizarlos eliminando y corrigiendo todas las imperfecciones propias del sistema anterior.

2.5. SISTEMA IBA

El IBA es un sistema de adquisición de datos de alta velocidad, diseñado para capturar y grabar señales del proceso, lo que permite visualizar en tiempo real el estado del mismo, mantener el control y realizar históricos. Estos históricos ayudan a diagnosticar los fallos y problemas que puedan surgir, permitiendo anticiparse a posibles fallos que aún no se han producido. Es por tanto una poderosa herramienta de supervisión de proceso.



3. Desarrollo del proyecto

3.1. SITUACIÓN INICIAL

El proyecto surge de la necesidad de poner a al día la rectificadora nº5 del taller de cilindros en frío de Arcelor Mittal en su planta de Avilés, trabajos para los cuales se ha subcontratado a Iturcemi.



Figura 3.1 Logo Arcelor Mittal

Esta rectificadora data de hace unos 40 años y por tanto todo su cableado, aparallaje, botonería, así como su lógica requieren de una renovación. El estado del hardware resulta muy negativo, con cables en estado precario, panel de operador muy desgastado, equipos envejecidos, etc. Por tanto, se va a llevar a cabo una migración de la lógica, pasando de una programación PL7.3 de Schneider Electric a Step 7 de Siemens sobre un plc de la gama s300. Además, se va a desarrollar un hmi para supervisión mediante TIA Portal v13 de Siemens para un monitor de 7". Por otro lado, en los trabajos también se incluye la sustitución de los armarios eléctricos y todo su cableado, aparallaje, seguridad, y el panel de operador del pupitre por uno nuevo. La comunicación se realizará mediante Profibus DP, y se enviarán datos a nivel 2 por profibus gracias al equipo acoplador DP/DP. También se incorporará una remota en el pupitre de la máquina. La remota es un terminal separado del plc con sus propias tarjetas entrada/salida, que obtienen y envían datos al plc por su canal de comunicación, en este caso profibus DP.

La rectificadora es del tipo cilíndrica exterior. Se trabajan cilindros de acero con distintos objetivos, con pasadas más lentas para el afinado y a más velocidad para un desbaste más tosco. Conforme a esto, el operario da más o menos pasadas de lado a lado del cilindro, verificando en todo momento el acabado y actuando en consecuencia de forma directa. Aun así, hay casos en los que tiene lugar un funcionamiento automático, donde el operario deja por un tiempo trabajar a la máquina.

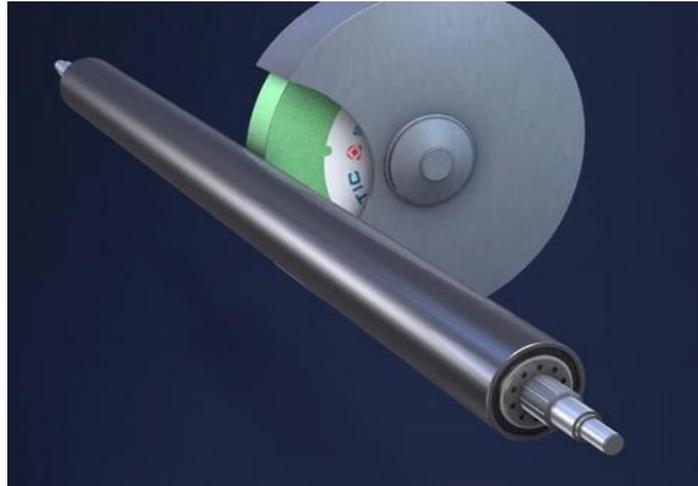


Figura 3.2 Funcionamiento rectificadora cilíndrica exterior

La máquina se compone de cuatro partes principales, las cuales son el cabezal del husillo, la muela, el carro portamuela y el avance. Cada una de ellas está asociada a un motor (los tres primeros de corriente continua y el último de corriente alterna) y controladas mediante su correspondiente variador.

El funcionamiento de la máquina consiste por tanto en hacer girar el cilindro y la muela en el mismo sentido, a sus respectivas velocidades, mientras el carro se desplaza de extremo a extremo de la pieza, delimitado por unos finales de carrera que indican el cambio de sentido. En la siguiente figura podemos ver uno de los cilindros en la máquina.



Figura 3.3 Cilindro preparado para rectificar



Existen cuatro modos de trabajo, regulados por el operario desde el pupitre: continuo, normal, normal+continuo y regulado por corriente. Estos son elegidos mediante un selector de 5 posiciones (la quinta es la desactivación). Todas las ordenes se envían desde los botones del panel de operador, donde además se pueden ver lámparas indicativas y cuatro visualizadores que muestran cuatro parámetros en los que se basan los operarios para tomar las decisiones en el proceso de rectificado. Estos son velocidad de la muela (m/s), velocidad del cabezal del husillo (rpm), consumo de muela (A) y velocidad del carro portamuela (mm/min). Las ordenes de velocidad consigna a los variadores se envían mediante los correspondientes potenciómetros del panel. Seguidamente se muestra una imagen del carro portamuela.



Figura 3.4 Carro portamuela con panel de operador

La máquina cuenta con un sistema de eliminación de la viruta resultante durante la producción, utilizando unas canalizaciones con agua que caen a un foso con un separador magnético, que retiene la viruta del agua, la cual sigue su circuito por las diferentes máquinas.



Figura 3.5 Separador magnético rectificadora

3.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El procedimiento para realizar el proyecto será en un primer lugar estudiar la situación inicial de la máquina, sus planos y lógica programada, para poder acto seguido realizar la nueva versión de ambos. Una vez terminados los planos por el departamento de ingeniería, se suministrarán estos y los equipos y material necesario al departamento de taller para montar los nuevos armarios eléctricos. Mientras tanto, se realizarán en paralelo las tareas de programación de la lógica y el hmi. Una vez listo el hardware se irán realizando pruebas en él para depurar el funcionamiento del código. Finalmente tendrá lugar la puesta en marcha en el taller de cilindros en frío de Arcelor Mittal, dejando en última instancia la máquina completamente operativa y testeada.



3.3. PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO

La planificación de desarrollo del proyecto ha sido comenzando la tercera semana de Enero y finalizando la última semana de Marzo, y repartiendo el tiempo en las diferentes tareas como sigue:

Actividad	Duración
Estudio planos y software antiguo	10 días
Planos de ingeniería	2 semanas
Programación	1 mes
Desarrollo HMI	3 días
Montaje taller	10 días
Pruebas taller	10 días
Puesta en marcha	4 días

Tabla 1 Planificación

El desarrollo real del proyecto, como en la mayoría de los casos, no ha sido exactamente el planificado, aunque se ha llevado a cabo dentro de los tiempos previstos y ha sido el siguiente:

Actividad	Inicio	Duración (días laborables)	Fin
Estudio planos y software antiguo	16/01/2017	11	30/01/2017
Planos de ingeniería	23/01/2017	15	13/02/2017
Programación	01/02/2017	28	13/03/2017
Desarrollo HMI	06/03/2017	5	13/03/2017
Montaje taller	20/02/2017	8	01/03/2017
Pruebas taller	13/03/2017	10	24/03/2017
Puesta en marcha	27/03/2017	5	31/03/2017

Tabla 2 Desarrollo del proyecto



Debajo se muestra el diagrama de Gantt del desarrollo real del proyecto:

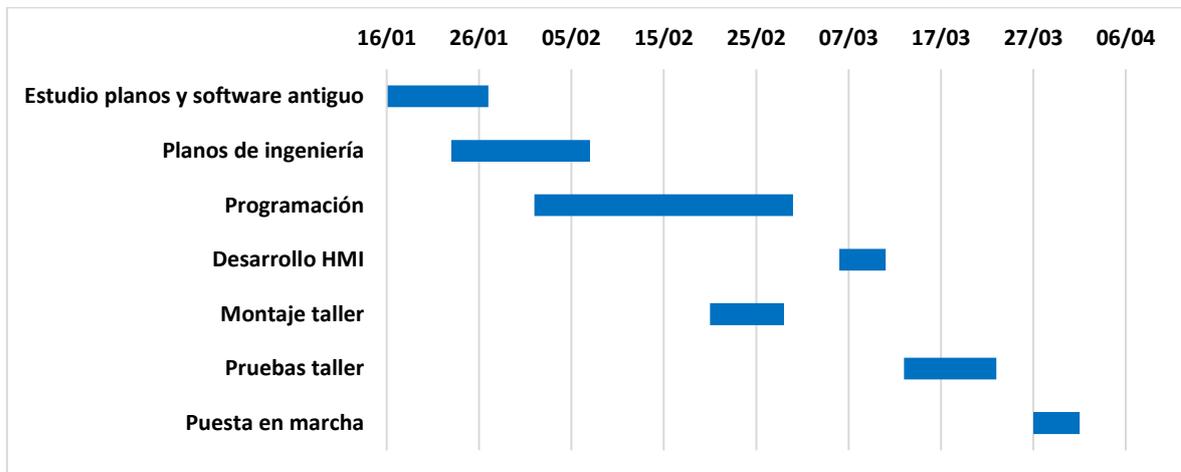


Tabla 3 Diagrama de Gantt

3.4. MONTAJE

En este apartado se muestra el resultado tras la implantación del nuevo hardware.

En primer lugar, en la primera puerta armario eléctrico, se encuentra la pantalla del hmi, además de un pulsador de reset y la seta de seguridad.



Figura 3.6 HMI en armario eléctrico



Los armarios eléctricos de la máquina rectificadora constan de cuatro placas.

La primera placa contiene el plc y sus tarjetas de entrada/salida, además de borneros, fuente de alimentación, toma de corriente, etc. En la segunda se encuentra el variador del avance (G120) y el variador del cabezal (Sinamics DCM), además de sus protecciones, y contactores y relés.



Figura 3.7 Placas 1 y 2 del armario eléctrico

La tercera placa contiene los variadores restantes, para la muela y el carro portamuela (ambos Sinamics DCM) y más relés, contactores y protecciones. La última placa contiene el resto de relés, contactores, y protecciones de la máquina como el seccionador.



Figura 3.8 Placas 3 y 4 del armario eléctrico

El panel de operador consta de botonería, lámparas de indicación, seta de emergencia, cuatro visualizadores y seis potenciómetros (velocidad de cabezal, muela y carro portamuela, y para el avance continuo, normal y por intensidad).

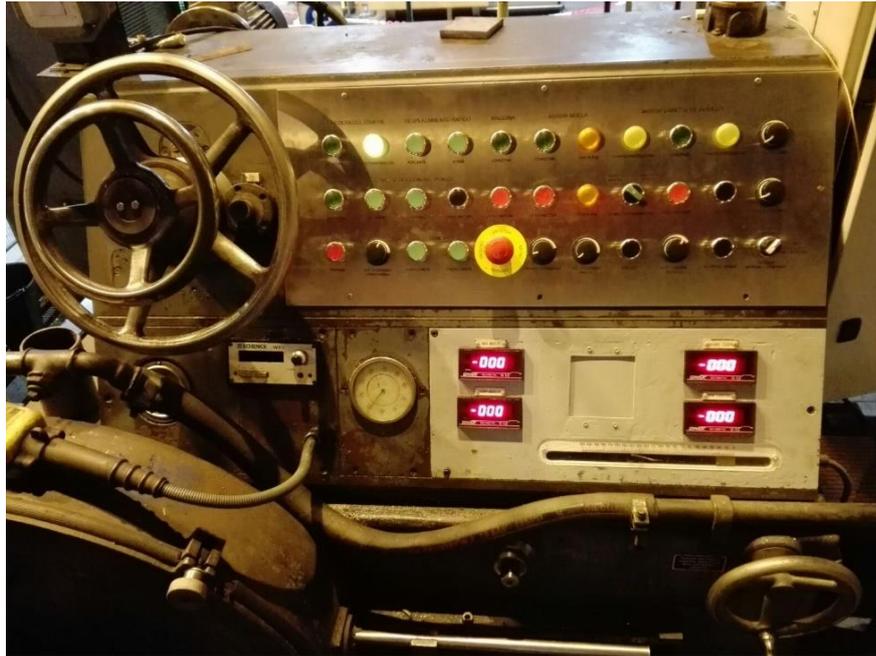


Figura 3.9 Panel de operador

El armario de la remota contiene una pequeña placa con la remota del plc, con sus tarjetas de entrada/salida, borneros de plecableado, fuente de alimentación y diferencial. Está ubicada en el carro de la máquina junto al panel del operador.



Figura 3.10 Remota del plc

3.5. SEÑALES PLC

El PLC cuenta con señales de entrada y salida tanto analógicas como digitales para el control de la rectificadora. A continuación, se muestran estas señales, con su nombre simbólico, direccionamiento lógico y tipo de datos, distinguiendo si son señales directas al PLC o bien pertenecen a la remota o el módulo acoplador DP/DP.

SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO	COMENTARIO
CONT_MOTORES_AUX	A 0.0	BOOL	
MOTOR_LUB_AXIAL_MUELA	A 0.1	BOOL	
MOT_COND_ACEITE_MUELA	A 0.2	BOOL	
MOT_LUBRICACION_SUP_DESP	A 0.3	BOOL	



MOT_BOMBA_REFRI	A	0.4	BOOL	
MOT_VENTI_CABEZAL	A	0.5	BOOL	
MOT_DESPLAZ_RAP_ATRAS	A	0.6	BOOL	
MOT_DESPLAZ_RAP_ADELANTE	A	0.7	BOOL	
FRENO_DESPLAZ_RAP	A	1.0	BOOL	
EMBRAGUE_AVANCE_CONTINUO	A	1.1	BOOL	
MOTOR_CONTRAPUNTO_ADELAN	A	1.2	BOOL	
MOTOR_CONTRAPUNTO_ATRAS	A	1.3	BOOL	
FRENO_CONTRAPUNTO_PINOLA	A	1.4	BOOL	
MOT_LUNETASUBIR	A	1.5	BOOL	
MOT_LUNETABAJAR	A	1.6	BOOL	
FRENO_LUNETASUBIR	A	1.7	BOOL	
MOTOR_SEPARADOR_MAG	A	2.0	BOOL	
AMP_SONDA_SEPARADOR	A	2.1	BOOL	
FUERZA_VAR_CABEZAL	A	2.2	BOOL	
DISP_INTERRUPTOR_GEN	A	2.3	BOOL	
FUERZA_VAR_MUELA	A	2.4	BOOL	
FUERZA_VAR_CARRO	A	2.5	BOOL	
FUERZA_VAR_AVANCE	A	2.6	BOOL	
Q2.7	A	2.7	BOOL	RESERVA
Q3.0	A	3.0	BOOL	RESERVA
Q3.1	A	3.1	BOOL	RESERVA
Q3.2	A	3.2	BOOL	RESERVA
Q3.3	A	3.3	BOOL	RESERVA
Q3.4	A	3.4	BOOL	RESERVA
Q3.5	A	3.5	BOOL	RESERVA
Q3.6	A	3.6	BOOL	RESERVA
Q3.7	A	3.7	BOOL	RESERVA

Tabla 4 Salidas Digitales PLC

SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO	COMENTARIO
MAQUINA_CONECTADA	A 6.0	BOOL	
CONECTADO_CABEZAL	A 6.1	BOOL	
SOBRETEMP_MOTOR	A 6.2	BOOL	
CONECTADA_MUELA	A 6.3	BOOL	



MOT_MUELA_MENOR_550RPM	A	6.4	BOOL	
MOT_MUELA_MAYOR_2200RPM	A	6.5	BOOL	
SOBRETENPERATURA_MUELA	A	6.6	BOOL	
DERECHA_CARRO	A	6.7	BOOL	
IZQUIERDA_CARRO	A	7.0	BOOL	
SOBRETEMP_CARRO	A	7.1	BOOL	
Q7.2	A	7.2	BOOL	RESERVA
Q7.3	A	7.3	BOOL	RESERVA
Q7.4	A	7.4	BOOL	RESERVA
Q7.5	A	7.5	BOOL	RESERVA
Q7.6	A	7.6	BOOL	RESERVA
Q7.7	A	7.7	BOOL	RESERVA

Tabla 5 Salidas Digitales Remota

SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO	COMENTARIO
ALIM_ACCIONAMIENTOS_AUX	E 0.0	BOOL	
CONF_ACCIONAMIENTOS_AUX	E 0.1	BOOL	
CONF_GV2_CONTRAPUNT_LUN	E 0.2	BOOL	
CONF_GV2_FILTRO_MAG	E 0.3	BOOL	
CONF_GV2_LUB_AXIAL_MUELA	E 0.4	BOOL	
CONF_MOT_LUB_AXIAL_MUELA	E 0.5	BOOL	
CONF_GV2_COND_ACEI_MUELA	E 0.6	BOOL	
CONF_MOT_COND_ACEI_MUELA	E 0.7	BOOL	
CONF_GV2_LUB_SUP_DESPLAZ	E 1.0	BOOL	
CONF_MOT_LUB_SUP_DESPLAZ	E 1.1	BOOL	
CONF_GV2_LUB_BANCADA	E 1.2	BOOL	
CONF_GV2_BOMBA_REFRI	E 1.3	BOOL	
CONF_MOTOR_BOMBA_REFRI	E 1.4	BOOL	
CONF_GV2_VENTI_CABEZAL	E 1.5	BOOL	
CONF_MOTOR_VENTI_CABEZAL	E 1.6	BOOL	
CONF_GV2_DESP_RAP_AVANCE	E 1.7	BOOL	
CONF_MOT_DESP_RAP_ADELANT	E 2.0	BOOL	
CONF_MOT_DESP_RAP_ATRAS	E 2.1	BOOL	
CONF_GV2_CONTRAPUNTO	E 2.2	BOOL	
CONF_MOT_CONTRAP_ADELANT	E 2.3	BOOL	
CONF_MOT_CONTRAP_ATRAS	E 2.4	BOOL	
CONF_GV2_LUNETAS	E 2.5	BOOL	
CONF_MOTOR_LUNETAS_SUBIR	E 2.6	BOOL	
CONF_MOTOR_LUNETAS_BAJAR	E 2.7	BOOL	
CONF_FUERZA_Q11_CABEZAL	E 3.0	BOOL	
CONF ALIM_CTRL_CABEZAL	E 3.1	BOOL	
CONF ALIM_EXCIT_CABEZAL	E 3.2	BOOL	



CONF_KM11_FUERZA_CABEZAL	E	3.3	BOOL	
CONF_FUSIBLES_CABEZAL	E	3.4	BOOL	
CONF_FUERZA_Q21_MUELA	E	3.5	BOOL	
CONF ALIM_CTRL_MUELA	E	3.6	BOOL	
CONF ALIM_EXCIT_MUELA	E	3.7	BOOL	
CONF_KM21_FUERZA_MUELA	E	4.0	BOOL	
CONF_FUSIBLES_MUELA	E	4.1	BOOL	
CONF_FUERZA_Q31_CARRO	E	4.2	BOOL	
CONF ALIM_CTRL_CARRO	E	4.3	BOOL	
CONF ALIM_EXCIT_CARRO	E	4.4	BOOL	
CONF_KM31_FUERZA_CARRO	E	4.5	BOOL	
CONF_FUSIBLES_CARRO	E	4.6	BOOL	
CONF_FUERZA_Q41_AVANCE	E	4.7	BOOL	
I5.0	E	5.0	BOOL	RESERVA
I5.1	E	5.1	BOOL	RESERVA
CONF_KM41_FUERZA_AVANCE	E	5.2	BOOL	
CONF_FUSIBLES_AVANCE	E	5.3	BOOL	
CONF_FRENO_DESPLAZ	E	5.4	BOOL	
CONF_FRENO_ACOPLAMIENTO	E	5.5	BOOL	
CONF_FRENO_CONTRAPUNTO	E	5.6	BOOL	
CONF_FRENO_LUNETAS	E	5.7	BOOL	
INTERRUPTOR_GENERAL	E	6.0	BOOL	
FILTRO_MAGNETICO	E	6.1	BOOL	
RELE_AMP_MAGNETICO	E	6.2	BOOL	
CONF_TENSION_ACOPLAM	E	6.3	BOOL	
CONF_TENSION_FRENOS	E	6.4	BOOL	
CONF_TENSION_SALIDAS	E	6.5	BOOL	
NIV_MIN_ACEITE_EJE_MUELA	E	6.6	BOOL	
NIV_MAX_ACEITE_EJE_MUELA	E	6.7	BOOL	
CAUDAL_ENGRASE_MUELA	E	7.0	BOOL	
TERMOST_TEMP_ACEITE	E	7.1	BOOL	
LUBRICACION_BANCADA	E	7.2	BOOL	
MAX_TEMP_CABEZAL	E	7.3	BOOL	
MAX_TEMP_MUELA	E	7.4	BOOL	
SOBRETEMP_MUELA	E	7.5	BOOL	
FINAL_CARRERA_CARRO	E	7.6	BOOL	
DISP_TEMP_CARRO	E	7.7	BOOL	
FC_DCH_CARRO	E	8.0	BOOL	
FC_IZQ_CARRO	E	8.1	BOOL	
FC_ADELANTE_DESP_RAP	E	8.2	BOOL	
FC_ATRAS_DESP_RAP	E	8.3	BOOL	
SETA_EMERGENCIA	E	8.4	BOOL	
ALIM_PLC_GENERAL	E	8.5	BOOL	



CONTRA_ADEL_C	E	8.6	BOOL	CONTRAPUNTO ADELANTE CAMPO
CONTRA_ATRAS_C	E	8.7	BOOL	CONTRAPUNTO ATRAS CAMPO
CONTRA_FRENO_C	E	9.0	BOOL	CONTRAPUNTO FRENO CAMPO
I9.1	E	9.1	BOOL	RESERVA
I9.2	E	9.2	BOOL	RESERVA
I9.3	E	9.3	BOOL	RESERVA
I9.4	E	9.4	BOOL	RESERVA
I9.5	E	9.5	BOOL	RESERVA
I9.6	E	9.6	BOOL	RESERVA
I9.7	E	9.7	BOOL	RESERVA
I10.0	E	10.0	BOOL	RESERVA
CONECTAR_CABEZAL_C	E	10.1	BOOL	CONECTAR CABEZAL CAMPO
AJUSTAR_ATRAS_CABEZAL_C	E	10.2	BOOL	AJUSTAR ATRAS CABEZAL CAMPO
DESCONECTAR_CABEZAL_C	E	10.3	BOOL	DESCONECTAR CABEZAL CAMPO
AJUSTAR_ADEL_CABEZAL_C	E	10.4	BOOL	AJUSTAR ADELANTE CABEZAL CAMPO
I10.5	E	10.5	BOOL	RESERVA
I10.6	E	10.6	BOOL	RESERVA
I10.7	E	10.7	BOOL	RESERVA
I11.0	E	11.0	BOOL	RESERVA
I11.1	E	11.1	BOOL	RESERVA
I11.2	E	11.2	BOOL	RESERVA
I11.3	E	11.3	BOOL	RESERVA
I11.4	E	11.4	BOOL	RESERVA
I11.5	E	11.5	BOOL	RESERVA
I11.6	E	11.6	BOOL	RESERVA
I11.7	E	11.7	BOOL	RESERVA

Tabla 6 Entradas Digitales PLC

SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO	COMENTARIO
CONECTAR_MAQUINA	E 16.0	BOOL	
DESCONECTAR_MAQUINA	E 16.1	BOOL	



ACTIVAR_BOMBA_REFRI	E	16.2	BOOL	
DESACTIVAR_BOMBA_REFRI	E	16.3	BOOL	
CONECTAR_CABEZAL	E	16.4	BOOL	
AJUSTAR_CABEZAL	E	16.5	BOOL	
DESCONECTAR_CABEZAL	E	16.6	BOOL	
CONECTAR_MUELA	E	16.7	BOOL	
DESCONECTAR_MUELA	E	17.0	BOOL	
DESCONECTAR_CARRO	E	17.1	BOOL	
MARCHA_DCH_CARRO	E	17.2	BOOL	
MARCHA_IZQ_CARRO	E	17.3	BOOL	
AVANCE_NORMAL+CONTINUO	E	17.4	BOOL	
AVANCE_NORMAL	E	17.5	BOOL	
AVANCE_CONTINUO	E	17.6	BOOL	
AVANCE_REG_CORRIENTE	E	17.7	BOOL	
I18.0	E	18.0	BOOL	RESERVA
IMPULSO_ATRAS_CABEZAL	E	18.1	BOOL	
SUBIR_LUNETAS	E	18.2	BOOL	
BAJAR_LUNETAS	E	18.3	BOOL	
POS_AUTO	E	18.4	BOOL	
DESPLAZAM_RAP_ADELANTE	E	18.5	BOOL	
ADELANTE_CONTRAPUNTO	E	18.6	BOOL	
ATRAS_CONTRAPUNTO	E	18.7	BOOL	
DESPLAZAM_RAP_ATRAS	E	19.0	BOOL	
FRENO_CONTRAPUNTO	E	19.1	BOOL	
I19.2	E	19.2	BOOL	RESERVA
I19.3	E	19.3	BOOL	RESERVA
I19.4	E	19.4	BOOL	RESERVA
I19.5	E	19.5	BOOL	RESERVA
I19.6	E	19.6	BOOL	RESERVA
I19.7	E	19.7	BOOL	RESERVA

Tabla 7 Entradas Digitales Remota

SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO	COMENTARIO
IBA_VEL_MUELA_RPM	PAD 256	DWORD	Datos IBA velocidad de muela RPM
IBA_CONSUMO_MUELA_A	PAD 260	DWORD	Datos IBA consumo de muela A



IBA_VEL_CABEZAL_RPM	PAD 264	DWORD	Datos IBA velocidad cabezal RPM
IBA_CONSUMO_CABEZAL_A	PAD 268	DWORD	Datos IBA consumo cabezal A

Tabla 8 Salidas Analógicas PLC – Acoplador DP/DP

SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO	COMENTARIO
RPM_CABEZAL	PAW 230	INT	Visualizador 1
MM/MIN_CARRO	PAW 232	INT	Visualizador 2
AMP_MUELA	PAW 234	INT	Visualizador 3
M/S_MUELA	PAW 236	INT	Visualizador 4

Tabla 9 Salidas Analógicas Remota

SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO	COMENTARIO
POT_VELOCIDAD_CABEZAL	PEW 416	INT	
POT_DIAMETRO_MUELA	PEW 418	INT	
POT_VELOCIDAD_MUELA	PEW 420	INT	
POT_VELOCIDAD_CARRO	PEW 422	INT	
POT_AVANCE_NORMAL	PEW 424	INT	
POT_AVANCE_INTENSIDAD	PEW 426	INT	
POT_AVANCE_CONTINUO	PEW 428	INT	
IW7	PEW 430	INT	RESERVA

Tabla 10 Entradas Analógicas Remota

3.6. PROGRAMACIÓN

La programación del proyecto se ha realizado con el software Step 7 de Siemens, además del software Starter de Siemens para la configuración y puesta en marcha de los cuatro variadores. El árbol del proyecto sería:

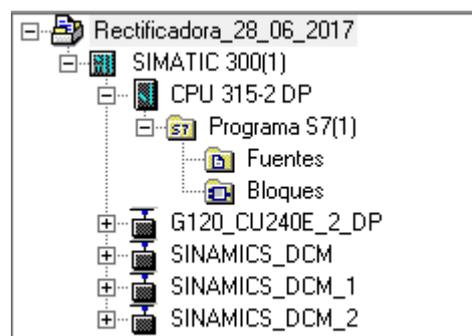


Figura 3.11 Árbol de proyecto Step 7

El plc utilizado, como ya se mencionó, será un S300, y la red de comunicaciones se ha realizado con Profibus DP. La fuente será de 10 A y el plc cuenta con tarjetas de entrada y salida digitales (sin analógicas, todas ellas están en la remota). A continuación, podemos ver la estructura del bus así como los componentes, referencias y direccionamiento del plc:

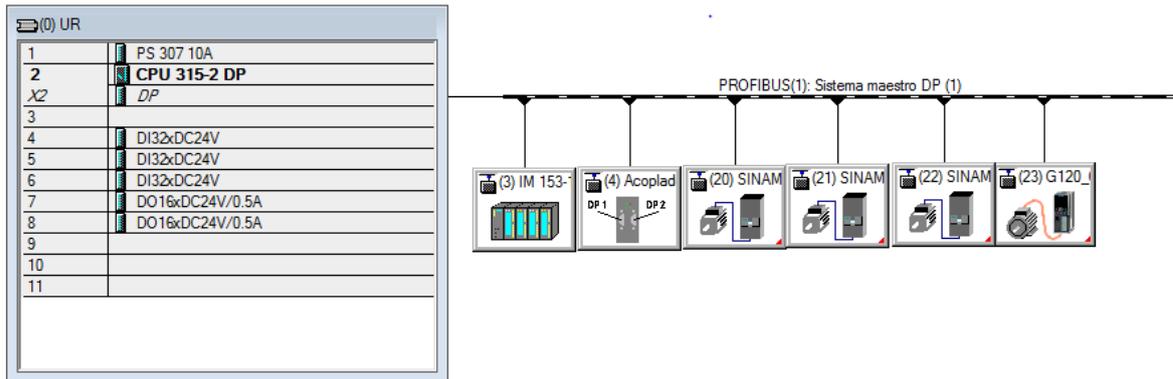


Figura 3.12 Hardware proyecto Step 7

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Direc...	Comentario
1	PS 307 10A	6ES7 307-1KA01-0AA0					
2	CPU 315-2 DP	6ES7 315-2AH14-0AB0	V3.3	2			
X2	DP				2047*		
3							
4	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			0...3		
5	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			4...7		
6	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			8...11		
7	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH00-0AA0				0...1	
8	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH00-0AA0				2...3	
9							
10							
11							

Figura 3.13 Hardware PLC

Como ya se comentó anteriormente, se ha ubicado una remota en el pupitre del carro de la máquina. Ésta cuenta con una serie de tarjetas de entrada y salida, tanto analógicas como digitales. Seguidamente, podemos ver sus componentes, referencias y direccionamiento:



Slot	Módulo	...	Referencia	Dirección E	Dirección S	Comentario
1						
2	IM 153-1		6ES7 153-1AA03-0XB0	2045*		
3						
4	DI32xDC24V		6ES7 321-1BL00-0AA0	16...19		
5	DO16xDC24V/0.5A		6ES7 322-1BH01-0AA0		6...7	
6	AI8x12Bit		6ES7 331-7KF02-0AB0	416...431		
7	AI8x12Bit		6ES7 331-7KF02-0AB0	256...271		
8	AO4x12Bit		6ES7 332-5HD01-0AB0		230...237	
9						
10						
11						

Figura 3.14 Hardware Remota PLC

Además del plc, la remota y los variadores, la red cuenta con un equipo acoplador DP/DP para enviar datos a nivel 2, al IBA. A continuación, podemos ver su direccionamiento:

Slot	Ident. DP	...	Referencia / Denominación	Dirección E	Dirección S	Comentario
1	163		Salida de 4 bytes consistente		256...259	
2	163		Salida de 4 bytes consistente		260...263	
3	163		Salida de 4 bytes consistente		264...267	
4	163		Salida de 4 bytes consistente		268...271	
5	147		Entrada de 4 bytes consistente	284...287		
6						

Figura 3.15 Hardware Acoplador DP/DP

La red de Profibus requiere del direccionamiento de sus nodos, y en este caso se ha utilizado la siguiente:

NODO	DIRECCIÓN
PLC	0
Remota	3
Acoplador DP/DP	4
HMI	10
Variador Cabezal del husillo (Sinamics DCM)	20
Variador Muela (Sinamics DCM1)	21
Variador Carro Portamuela (Sinamics DCM2)	22
Variador Avance (G120)	23

Tabla 11 Direccionamiento Profibus

La programación se ha realizado de forma estructurada, delimitando las funciones según las diferentes zonas de la máquina como contrapunto, muela o avance, además de otras funciones más generales de la máquina como la seguridad, la lubricación o las lámparas de indicación. Para cada uno de estos casos, se ha generado un DB (bloque de datos) propio y



una FC (función) propia, lo que permite una fácil comprensión de la lógica. En todos los casos se ha utilizado como lenguaje de programación el KOP o lenguaje de contactos, dado que es más fácil de comprender por el personal que trabaja con la máquina y de mantenimiento, además de ser una petición de la empresa.

Nombre del objeto	Nombre simbólico	Lenguaje	Tamaño en la memor...	Tipo	Versión (encabezado)	Nombre (encabezado)	Unlinked	Usuario
VAT_1	VAT_1	...	...	Tabla de variables	0.1	...	...	...
VAT_2	VAT_2	...	...	Tabla de variables	0.1	...	...	...
Datos de sistema	...	...	...	SDB	...	...	...	...
FC105	SCALE	AWL	244	Función	2.1	SCALE	...	SEA
FC106	UNSCALE	AWL	324	Función	2.0	UNSCALE	...	SEA
SFC14	DPWD_DAT	AWL	...	SFC	1.0	DPWD_DAT	...	SIMATIC
SFC15	DPWR_DAT	AWL	...	SFC	1.0	DPWR_DAT	...	SIMATIC
SFC104	CIR	AWL	...	SFC	1.0	CIR	...	SIMATIC
DB1	SEGURIDAD.DB	DB	40	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB2	CABEZAL_HUSILLO.DB	DB	72	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB3	MUELA.DB	DB	128	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB4	CARRIO_PORTAMUELA.DB	DB	144	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB5	AVANCE.DB	DB	96	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB6	DESPLAZAMIENTO_RAPIDO.DB	DB	38	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB7	CONTRAPUNTO.DB	DB	38	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB8	LUNETAS.DB	DB	38	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB9	SEPARADOR_MAGNETICO.DB	DB	38	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB10	LUBRICACION.DB	DB	40	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB11	LAMPARAS.DB	DB	38	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB12	GENERAL.DB	DB	38	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB13	ALARFAS.DB	DB	40	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB14	IBA.DB	DB	52	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB20	VAR1_COMUNICACION	DB	80	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB21	VAR2_COMUNICACION	DB	80	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB22	VAR3_COMUNICACION	DB	80	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB23	VAR4_COMUNICACION	DB	64	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB30	VAR1_DATOS	DB	128	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB31	VAR2_DATOS	DB	128	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB32	VAR3_DATOS	DB	128	Bloque de datos	0.1	...	...	...
DB33	VAR4_DATOS	DB	86	Bloque de datos	0.1	...	...	...

Figura 3.16 Bloques de datos Step 7

Podemos ver por tanto, que se han desarrollado los siguientes DB y FC:

- Seguridad: Su cometido es comprobar que se dan las diferentes condiciones de seguridad programadas para cada parte de la máquina, así como las que la afectan como conjunto, con el fin de permitir o no su funcionamiento.
- Cabezal del husillo: controla la primera de las cuatro zonas principales de la máquina. El cabezal cuenta con un motor de corriente continua, cuya función es hacer girar el cilindro que se va a rectificar. Desde este programa se controla el sentido de giro y la velocidad de este. Está limitada por condiciones de seguridad. Además, el sentido de giro de trabajo siempre será el mismo, aunque en el proceso de preparación del cilindro para el rectificado se puede girar en ambos sentidos a baja velocidad manteniendo pulsado el botón correspondiente. Esta velocidad es fija.



- Muela: gestiona la segunda parte importante de la máquina. El motor es de igual forma de corriente continua. La muela tiene un único sentido de giro, y aquí se controla la velocidad a la que lo hace. Para entrar en funcionamiento, deben cumplirse determinadas condiciones de seguridad, como se encuentre activo el cabezal, además de la lubricación, con el fin de proteger la pieza que se va a rectificar y la propia muela. Asimismo, la velocidad está limitada según las indicaciones de seguridad del fabricante. Esta velocidad se controla desde el potenciómetro correspondiente del panel de operador, y aumenta y disminuye automáticamente también en función del diámetro de la muela.
- Carro portañuela: la tercera parte reseñable de la máquina. El carro cuenta con dos ejes de movimiento, de izquierda a derecha a lo largo de su recorrido, y hacia adelante o atrás, para atacar o separarse del cilindro, aunque este movimiento se gestiona en el avance. Aquí controlamos la velocidad de desplazamiento lateral, mediante un potenciómetro. Se realizan los cálculos para mostrar en el visualizador los mm/min de velocidad del carro. El movimiento del carro se limita durante la producción entre unos finales de carrera situados en cada extremo del cilindro, que permiten indicarnos el cambio de sentido de trabajo. Cuando no se está en producción se puede llegar hasta el extremo para separar la máquina de la zona de trabajo y poder realizar los intercambios de cilindros. Esta velocidad puede ser además mayor que la de trabajo, la cual está limitada para que no se produzca el efecto espiral y se dejen zonas más trabajadas que otras o zonas sin trabajar al ir demasiado rápido.
- Avance: este programa controla un sentido de movimiento del carro, no se trata propiamente de una zona de la máquina, aunque se la considera como tal. El avance es el movimiento con el que se ataca el cilindro con la muela. Para ello se dispone de un pequeño motor de alterna que acerca y aleja el carro portañuela a la pieza. El avance puede ser de cuatro tipos: continuo, normal, normal+continuo y por intensidad. Se elige qué tipo de avance se usa mediante un selector y se controlan las velocidades con tres potenciómetros (el normal+continuo es una mezcla de ambos).
 - En el avance continuo se actúa de forma uniforme a lo largo de toda la pieza.
 - En el avance normal se actúa solo en los extremos del cilindro.



- El avance normal+continuo es una mezcla de los dos anteriores, de forma que se va trabajando toda la pieza uniformemente hasta llegar a los extremos, donde se percute un poco más y se cambia el sentido para continuar con esta nueva profundidad de forma uniforme de nuevo en el otro sentido.
- El avance regulado por corriente acerca y aleja la muela al cilindro siguiendo un valor de consumo de intensidad de la muela, de forma que se va autorregulando a lo largo de la pieza, entrando y saliendo según se requiera.
- Desplazamiento rápido: es un tipo de movimiento especial del carro, en el sentido del avance y que se controla desde esta función independiente.
- Contrapunto: gestiona esta parte de la máquina, con la activación o desactivación del motor que permite apretar o aflojar el cilindro al comienzo y fin de su proceso de rectificado.
- Luneta: está programado con el fin de controlar la activación o desactivación de un pequeño motor que desvía o inclina la posición del cilindro desde un lateral, aunque actualmente está en desuso.
- Separador Magnético: sencilla función para la activación y desactivación del separador magnético que extrae la viruta que se genera durante la producción.
- Lubricación: gestiona la entrada en funcionamiento de los diferentes sistemas de lubricación de la máquina, tanto para la bancada, la muela y el cilindro, además de la refrigeración mediante una bomba de agua.
- Lámparas: su cometido es dar la orden de activación/desactivación de las lámparas señalizadoras del panel de operador del pupitre de la máquina.
- IBA: esta función gestiona la transmisión de la información desde el PLC al nivel 2. Los datos que se envían son parámetros del cabezal del husillo y la muela, en concreto, datos de consumos (A) y velocidades (rpm).



- Comunicación de cada variador (4): función que sirve para la comunicación (escritura y lectura) entre el PLC y los diferentes variadores, teniendo una función específica para cada uno de ellos.
- Datos de cada variador (4): función utilizada para la obtención y envío de datos con los variadores. Para ello se utilizan la palabra de “mando” y palabra de “estado”, donde se pueden gestionar bit a bit la información que enviamos y recibimos.
- Entradas: mapeo de señales de entrada del PLC y la remota, tanto digitales como analógicas, con sus correspondientes escalados en el caso de las segundas.
- Salidas: mapeo de señales de salida del PLC y la remota, tanto digitales como analógicas, con sus correspondientes escalados en el caso de las segundas.
- Alarmas: función usada para la activación de alarmas por la aparición de fallos previstos en la máquina.

Nombre del objeto	Nombre simbólico	Lenguaje	Tamaño en la memor...	Tipo	Versión (encabezado)	Nombre (encabezado)	Unlinked	Usuario
Datos de sistema	...	...	...	SDB	...	...	...	...
OB1	MAIN	KOP	390	Bloque de organizaci...	0.1	...	...	...
OB82	I/O_FLT1	KOP	38	Bloque de organizaci...	0.1	...	...	...
OB86	RACK_FLT	KOP	38	Bloque de organizaci...	0.1	...	...	...
FC1	SEGURIDAD	KOP	328	Función	0.1	...	...	...
FC2	VAR_CABEZAL	KOP	448	Función	0.1	...	...	...
FC3	VAR_MUELA	KOP	546	Función	0.1	...	...	...
FC4	VAR_CARRO	KOP	1046	Función	0.1	...	...	...
FC5	VAR_AVANCE	KOP	1164	Función	0.1	...	...	...
FC6	DESPLAZAMIENTO_RAPIDO	KOP	168	Función	0.1	...	...	...
FC7	CONTRAPUNTO	KOP	120	Función	0.1	...	...	...
FC8	LUNETAS	KOP	134	Función	0.1	...	...	...
FC9	SEPARADOR_MAGNETICO	KOP	68	Función	0.1	...	...	...
FC10	LUBRICACION	KOP	260	Función	0.1	...	...	...
FC11	LAMPARAS	KOP	164	Función	0.1	...	...	...
FC12	ALARMAS	KOP	362	Función	0.1	...	...	...
FC14	DATOS_JBA	KOP	94	Función	0.1	...	...	...
FC20	VAR1_MOTOR_COM	KOP	202	Función	0.1	...	...	...
FC21	VAR2_MOTOR_COM	KOP	202	Función	0.1	...	...	...
FC22	VAR3_MOTOR_COM	KOP	202	Función	0.1	...	...	...
FC23	VAR4_MOTOR_COM	KOP	202	Función	0.1	...	...	...
FC30	VAR1_MOTOR_DAT	KOP	586	Función	0.1	...	...	...
FC31	VAR2_MOTOR_DAT	KOP	578	Función	0.1	...	...	...
FC32	VAR3_MOTOR_DAT	KOP	586	Función	0.1	...	...	...
FC33	VAR4_MOTOR_DAT	KOP	382	Función	0.1	...	...	...
FC100	ENTRADAS	KOP	1628	Función	0.1	...	...	...
FC101	SALIDAS	KOP	798	Función	0.1	...	...	...
FC105	SCALE	AWL	244	Función	2.1	SCALE	...	SEA
FC106	UNSCALE	AWL	324	Función	2.0	UNSCALE	...	SEA

Figura 3.17 Funciones Step 7

3.7. HMI



EL HMI de la máquina rectificadora va a ser utilizado únicamente como herramienta de supervisión y no como método de control remoto de la máquina, lo que le resta complejidad. El objetivo es poder visualizar en pantalla los avisos y alarmas que puedan aparecer, así como determinados parámetros de funcionamiento de la máquina como velocidades o consumos. Para ello se han diseñado una pantalla de inicio, una pantalla de menú, así como una pantalla para cada una de las cuatro principales zonas de la máquina, correspondientes con los cuatro variadores, además de una pantalla de alarmas. A continuación, el árbol del proyecto:

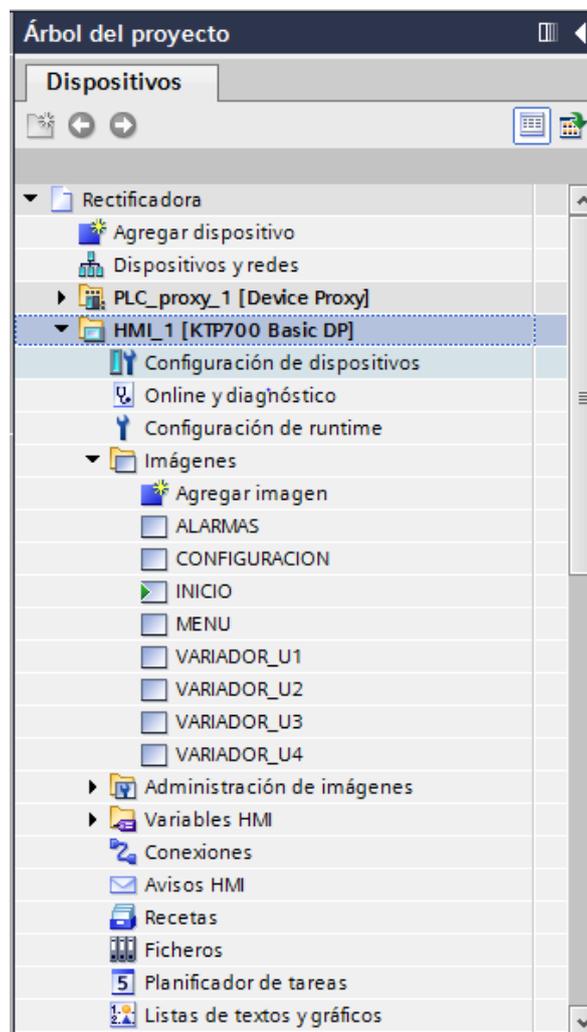


Figura 3.18 Arbol de proyecto TIA Portal v13

Para el desarrollo del HMI se ha utilizado el software TIA Portal V13 de Siemens. La pantalla utilizada como ya se ha mencionado, es un modelo de 7 pulgadas de Siemens, en



concreto el KTP700 Basic DP, y se ubicará en la primera puerta de los armarios eléctricos. La comunicación entre esta y el PLC será mediante cable Profibus DP como se muestra a continuación:

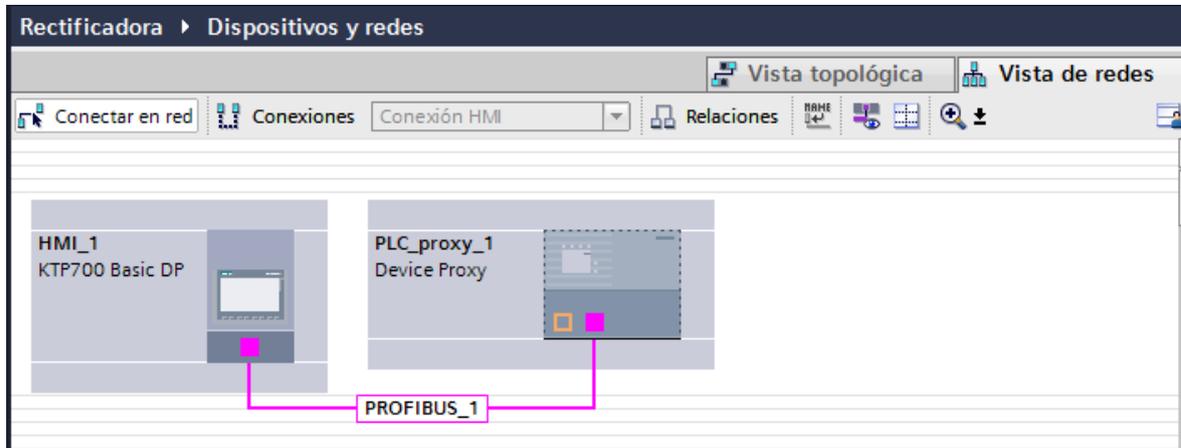
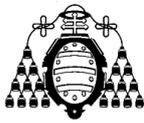


Figura 3.19 Comunicación Pantalla-PLC

Para poder dar la funcionalidad deseada a las diferentes pantallas, se hace necesaria la creación de variables propias del HMI, tanto en lo que a dinamismo se refiere, bien con cambios de color, visibilidad, campos e/s, etc. como para mostrar los diferentes avisos y alarmas. Todas estas variables son las siguientes:

The screenshot shows a table titled 'Variables HMI' with the following columns: Nombre, Tabla de variables, Tipo de datos, Conexión, Nombre PLC, Variable PLC, and Dirección. The table lists various HMI variables and their corresponding PLC connections and addresses.

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Conexión	Nombre PLC	Variable PLC	Dirección
ACK	Tabla de variables estándar	UInt	<Variable int...>		<No definido>	
ALARMAS1	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB13.DBW0
ALARMAS2	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB13.DBW2
AVANCE.DB_CONF_ALIM_CONTROL	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*AVANCE.DB*.CONF_ALI...	%DB5.DBX0.1
AVANCE.DB_CONF_FUERZA_Q41	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*AVANCE.DB*.CONF_FUE...	%DB5.DBX0.0
AVANCE.DB_CONF_FUSIBLES	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*AVANCE.DB*.CONF_FUSI...	%DB5.DBX0.5
AVANCE.DB_CONSIGNA	Tabla de variables estándar	Real	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*AVANCE.DB*.CONSIGNA	%DB5.DBX36
AVANCE.DB_CONTINUO	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*AVANCE.DB*.CONTINUO	%DB5.DBX2.2
AVANCE.DB_NORMAL	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*AVANCE.DB*.NORMAL	%DB5.DBX2.1
AVANCE.DB_NORMAL_Y_CONTINUO	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*AVANCE.DB*.NORMAL_Y...	%DB5.DBX2.0
AVANCE.DB_REGULADO_CORRIENTE	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*AVANCE.DB*.REGULADO...	%DB5.DBX2.3
AVISO_BOMBA	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB10.DBW0
AVISO_CABEZAL_CONECTADO	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB2.DBW2
AVISO_CARRO_STOP	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB4.DBW3
AVISO_MARQUINA_CONECTADA	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB12.DBW0
AVISO_MUELA_CONECTADA	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB3.DBW2
AVISO_RETORNO_AUTO	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB6.DBW0
AVISO_SOBRETEMPERATURA_CABEZAL	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB2.DBW2
AVISO_SOBRETEMPERATURA_CARRO	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB4.DBW3
AVISO_SOBRETEMPERATURA_MUELA	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB3.DBW2
AVISO_VENTILADOR	Tabla de variables estándar	Word	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	<No definido>	%DB10.DBW0
CABEZAL_HUSILLO.DB_CONF_ALIM_CONTROL	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CABEZAL_HUSILLO.DB*...	%DB2.DBX0.1
CABEZAL_HUSILLO.DB_CONF_ALIM_EXCITACION	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CABEZAL_HUSILLO.DB*...	%DB2.DBX0.2
CABEZAL_HUSILLO.DB_CONF_FUERZA_Q11	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CABEZAL_HUSILLO.DB*...	%DB2.DBX0.0
CABEZAL_HUSILLO.DB_CONF_FUSIBLES	Tabla de variables estándar	Bool	HM_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CABEZAL_HUSILLO.DB*...	%DB2.DBX0.5



CABEZAL_HUSILLO.DB_CONSIGNA	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CABEZAL_HUSILLO.DB*...	%DB2.DBD4
CARRO_PORTAMUELA.DB_CONF_ALIM_CONTROL	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CARRO_PORTAMUELA.D...	%DB4.DBX0.1
CARRO_PORTAMUELA.DB_CONF_ALIM_EXCITACION	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CARRO_PORTAMUELA.D...	%DB4.DBX0.2
CARRO_PORTAMUELA.DB_CONF_FUERZA_Q31	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CARRO_PORTAMUELA.D...	%DB4.DBX0.0
CARRO_PORTAMUELA.DB_CONF_FUSIBLES	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CARRO_PORTAMUELA.D...	%DB4.DBX0.5
CARRO_PORTAMUELA.DB_CONSIGNA	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CARRO_PORTAMUELA.D...	%DB4.DBD12
DISP_MAX_VELOCIDAD_CABEZAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CABEZAL_HUSILLO.DB*...	%DB2.DBD4
DISP_MAX_VELOCIDAD_CARRO	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*CARRO_PORTAMUELA.D...	%DB4.DBD12
DISP_MAX_VELOCIDAD_MUELA	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*MUELA.DB*.CONSIGNA	%DB3.DBD20
GENERAL.DB_MAQUINA_CONECTADA	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*GENERAL.DB*.MAQUINA...	%DB12.DBX0.4
MUELA.DB_CONF_ALIM_CONTROL	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*MUELA.DB*.CONF_ALIM...	%DB3.DBX0.1
MUELA.DB_CONF_ALIM_EXCITACION	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*MUELA.DB*.CONF_ALIM...	%DB3.DBX0.2
MUELA.DB_CONF_FUERZA_Q21	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*MUELA.DB*.CONF_FUER...	%DB3.DBX0.0
MUELA.DB_CONF_FUSIBLES	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*MUELA.DB*.CONF_FUSIB...	%DB3.DBX0.5
MUELA.DB_CONSIGNA	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*MUELA.DB*.CONSIGNA	%DB3.DBD20
MUELA.DB_LIM_MAX_RADIO	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*MUELA.DB*.LIM_MAX_R...	%DB3.DBD70
MUELA.DB_LIM_MAX_VEL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*MUELA.DB*.LIM_MAX_V...	%DB3.DBD62
NOMBRE_USUARIO	Tabla de variables estándar	Vstring	<Variable interm...		<No definido>	
SEGURIDAD.DB_SEGURIDAD_OK	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	*SEGURIDAD.DB*.SEGU...	%DB1.DBX2.4
VAR1_DATOS_CORRIENTE_EXC_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR1_DATOS.CORRIENTE...	%DB30.DBD20
VAR1_DATOS_CORRIENTE_IND_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR1_DATOS.CORRIENTE...	%DB30.DBD16
VAR1_DATOS_TENSION_EXC_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR1_DATOS.TENSION_E...	%DB30.DBD32
VAR1_DATOS_TENSION_IND_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR1_DATOS.TENSION_I...	%DB30.DBD28
VAR1_DATOS_VELOCIDAD_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR1_DATOS.VELOCIDA...	%DB30.DBD24
VAR2_DATOS_CORRIENTE_EXC_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR2_DATOS.CORRIENTE...	%DB31.DBD20
VAR2_DATOS_CORRIENTE_IND_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR2_DATOS.CORRIENTE...	%DB31.DBD16
VAR2_DATOS_TENSION_EXC_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR2_DATOS.TENSION_E...	%DB31.DBD32
VAR2_DATOS_TENSION_IND_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR2_DATOS.TENSION_I...	%DB31.DBD28
VAR2_DATOS_VELOCIDAD_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR2_DATOS.VELOCIDA...	%DB31.DBD24
VAR3_DATOS_CORRIENTE_EXC_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR3_DATOS.CORRIENTE...	%DB32.DBD20
VAR3_DATOS_CORRIENTE_IND_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR3_DATOS.CORRIENTE...	%DB32.DBD16
VAR3_DATOS_TENSION_EXC_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR3_DATOS.TENSION_E...	%DB32.DBD32
VAR3_DATOS_TENSION_IND_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR3_DATOS.TENSION_I...	%DB32.DBD28
VAR3_DATOS_VELOCIDAD_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR3_DATOS.VELOCIDA...	%DB32.DBD24
VAR4_DATOS_CONSUMO	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR4_DATOS.CONSUMO	%DB33.DBD6
VAR4_DATOS_TENSION_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR4_DATOS.TENSION_R...	%DB33.DBD14
VAR4_DATOS_VELOCIDAD_REAL	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_proxy_1	VAR4_DATOS.VELOCIDA...	%DB33.DBD10

Figura 3.20 Variables HMI

La pantalla de “Inicio” y por defecto, nos muestra en la barra superior en todo momento la fecha y hora en la que nos encontramos y el usuario que está iniciado. Además, en esta zona podemos ver mediante dos pequeños pilotos, si la máquina se encuentra conectada y si las condiciones de seguridad son correctas, indicándolo en color verde si está conectada y segura o en rojo si no es así. Esta barra superior se encuentra en todas las pantallas desarrolladas. En la parte inferior podemos ver los avisos y alarmas que vayan surgiendo, pudiendo ser acusados mediante un botón en la esquina inferior derecha.

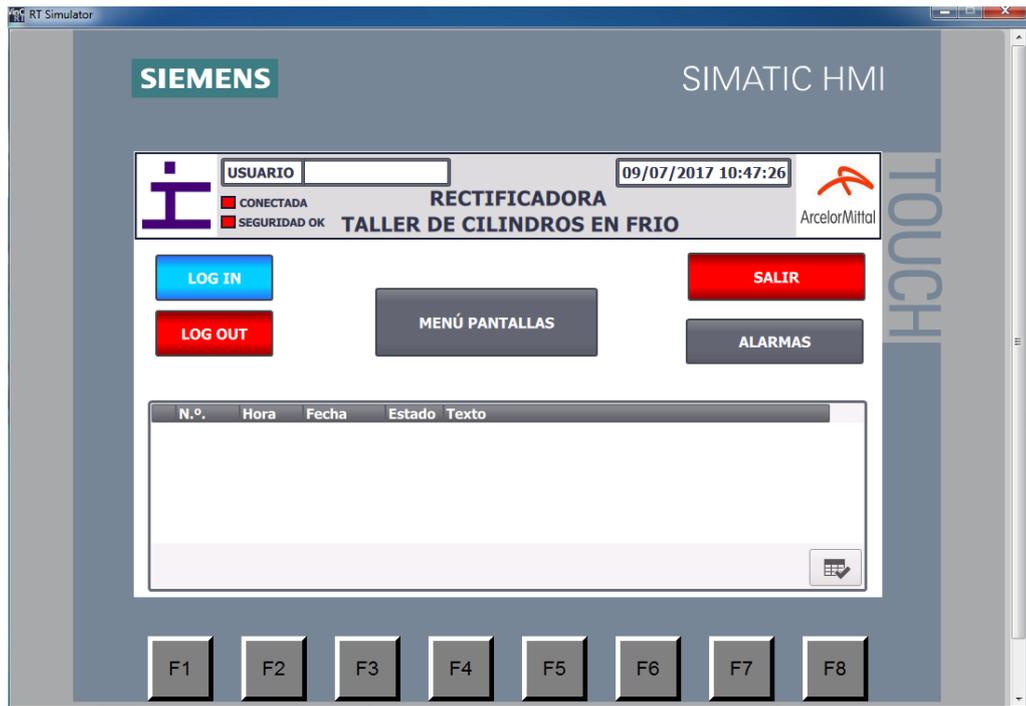


Figura 3.21 Pantalla de Inicio

En la zona central tenemos un botón para acceder al menú de pantallas del sistema, otro para acceder a la pantalla de alarmas y el pulsador de salida del HMI. Los otros dos botones restantes de la zona izquierda, nos permiten iniciar sesión en el sistema o salir de él si ya estamos con la sesión iniciada.

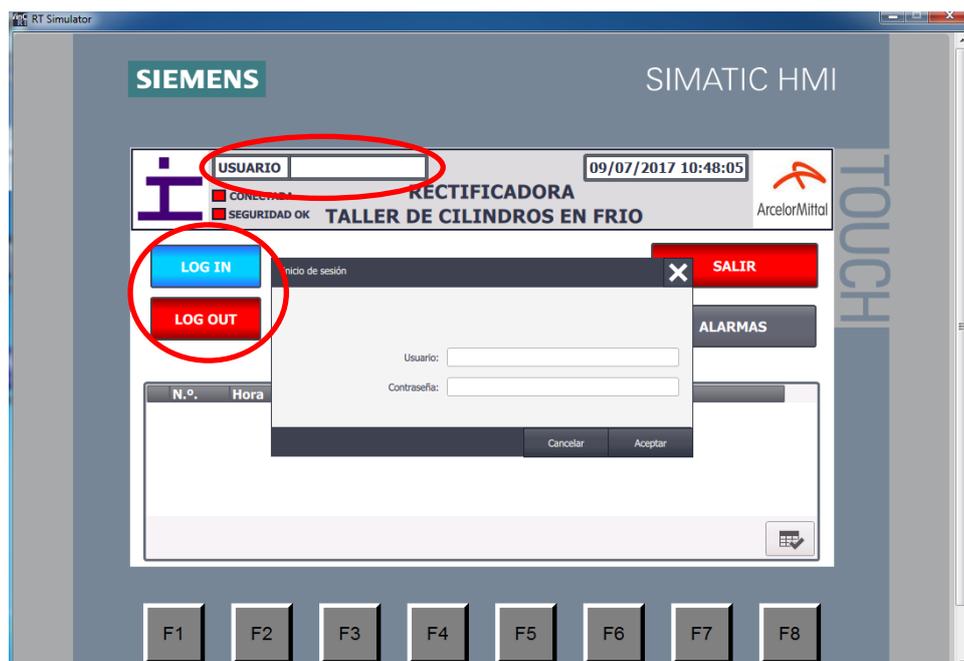


Figura 3.22 Login HMI



Para el sistema se han creado tres tipos de usuarios, Operario, Mantenimiento e Ingeniería, además del de Administrador, generado por defecto en el proyecto. Todos ellos tienen sus correspondientes contraseñas y permisos propios, siendo el de Operario el más restringido y el de Ingeniería el de más permisos (equivalente al administrador), mientras que el de Mantenimiento se encuentra en punto intermedio.

	Nombre	Contraseña	Cierre de sesión autom...	Tiempo de cierre de sesión	Número	Comentario
	Administrador	*****	<input type="checkbox"/>	5	1	El usuario 'Administrador' se ..
	OPERARIO	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	5	2	
	MANTENIMIENTO	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	5	3	
	INGENIERIA	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	5	4	
	<Agregar>					

Figura 3.23 Usuarios HMI

La pantalla “Menú” tiene únicamente como función la de facilitar la navegación entre unas pantallas y otras, manteniendo la posibilidad de seguir visualizando las alarmas en la parte inferior. Cada botón permite acceder a su correspondiente pantalla al ser pulsado.

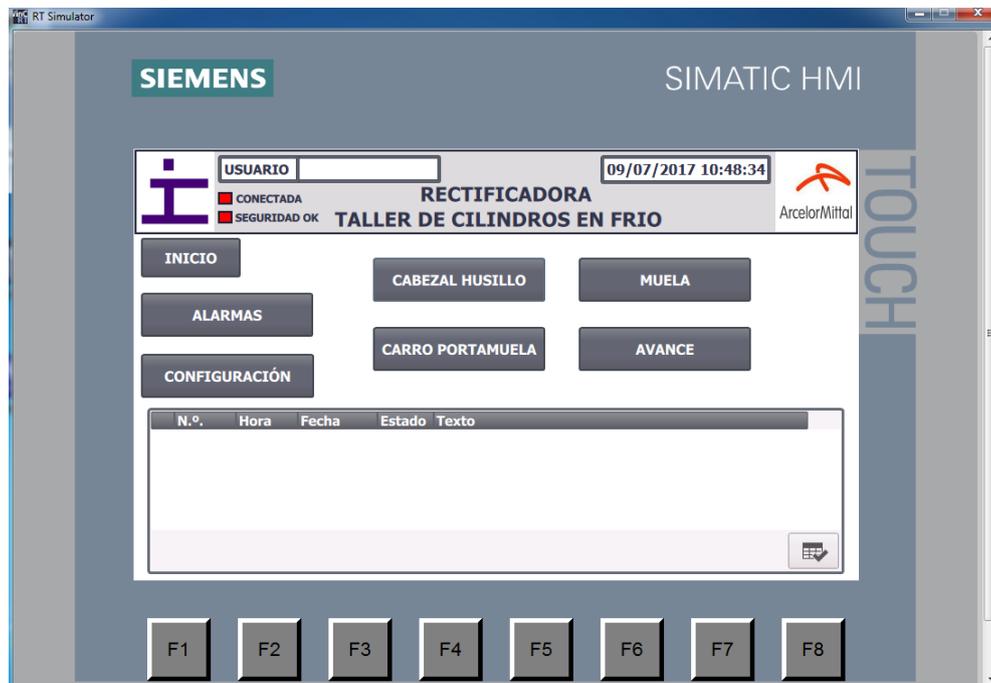


Figura 3.24 Pantalla de Menú



Las pantallas del Cabezal del husillo, Muela y Carro Portamuela son exactamente idénticas. Cada una de ellas nos muestra una serie de parámetros necesarios para conocer el correcto funcionamiento de la máquina en dicha zona. Por un lado, podemos ver si las condiciones de seguridad/funcionamiento de la zona son correctas mediante cuatro pilotos que cambiarán entre el rojo y el verde para indicarnos su estado. Estos son la Fuerza, Control, Excitación y Fusibles.

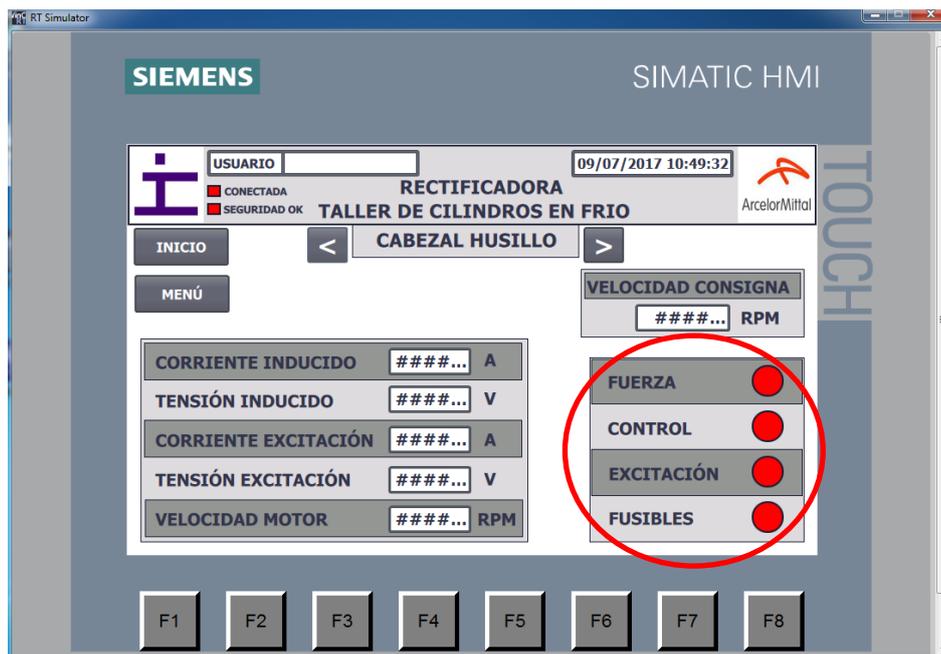


Figura 3.25 Pantalla Cabezal del husillo

Además, también podemos ver la velocidad de consigna en rpm que le estamos enviando desde el panel de operador del pupitre de la máquina al variador y motor correspondientes. Las cuatro pantallas cuentan con dos botones que permiten cambiar a la zona siguiente o anterior de forma intuitiva sin tener que acudir a la ventana del menú.

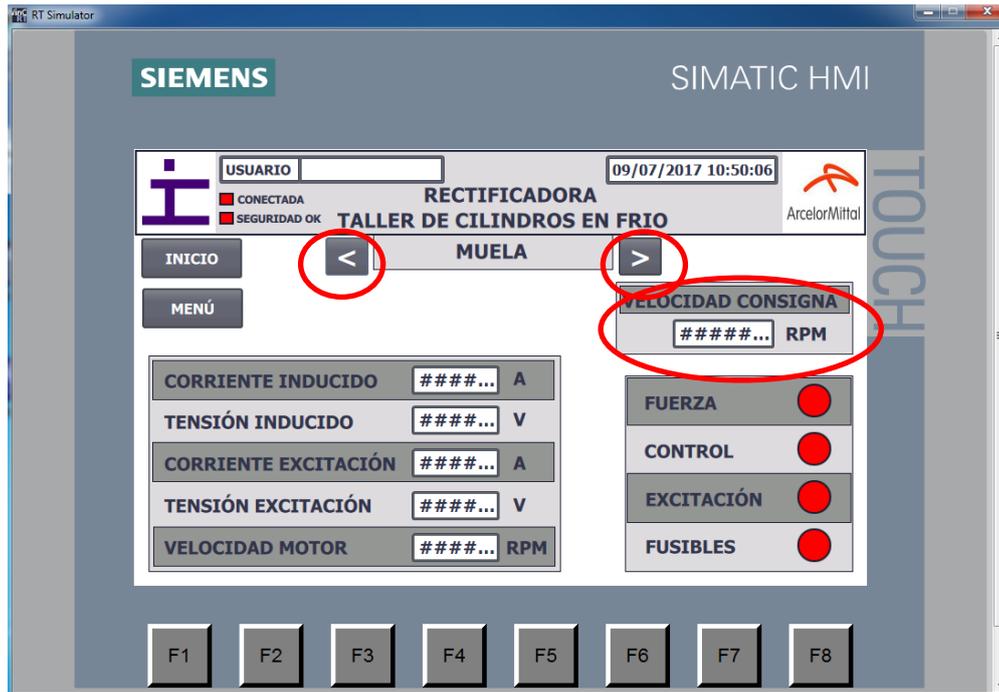


Figura 3.26 Pantalla Muela

En la parte izquierda podemos ver una serie de valores que recibimos desde el variador y el motor de continua correspondientes. Estos son la corriente del inducido (A), tensión del inducido (V), corriente de excitación (A), tensión de excitación (V) y velocidad real del motor (rpm).

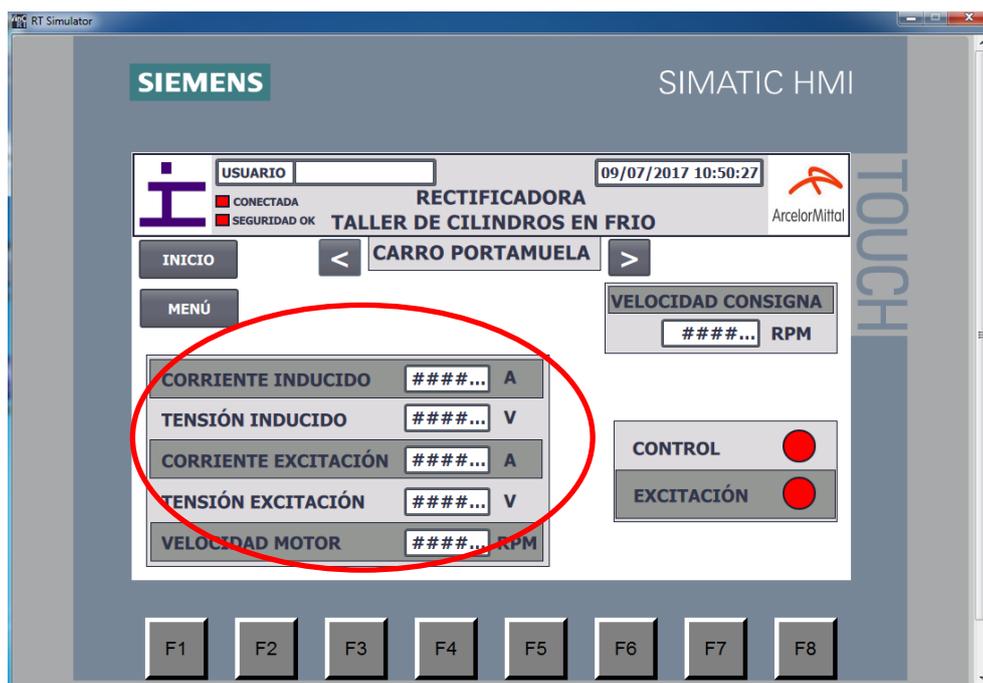
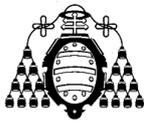


Figura 3.27 Pantalla Carro Portamuela



La pantalla para el Avance es muy similar pero no igual. En este caso, se nos muestra sólo el estado de la fuerza a la derecha, y la corriente (A), tensión (V) y velocidad (rpm) a la izquierda, puesto que éste es el motor de alterna como ya se ha comentado anteriormente. La velocidad de consigna se muestra de igual forma que en las otras tres pantallas en rpm. El añadido en este caso, es la indicación mediante cuatro pilotos en colores rojo o verde, del tipo de avance en que se está trabajando en la máquina, según la posición en la que se encuentre el selector del panel de operador.

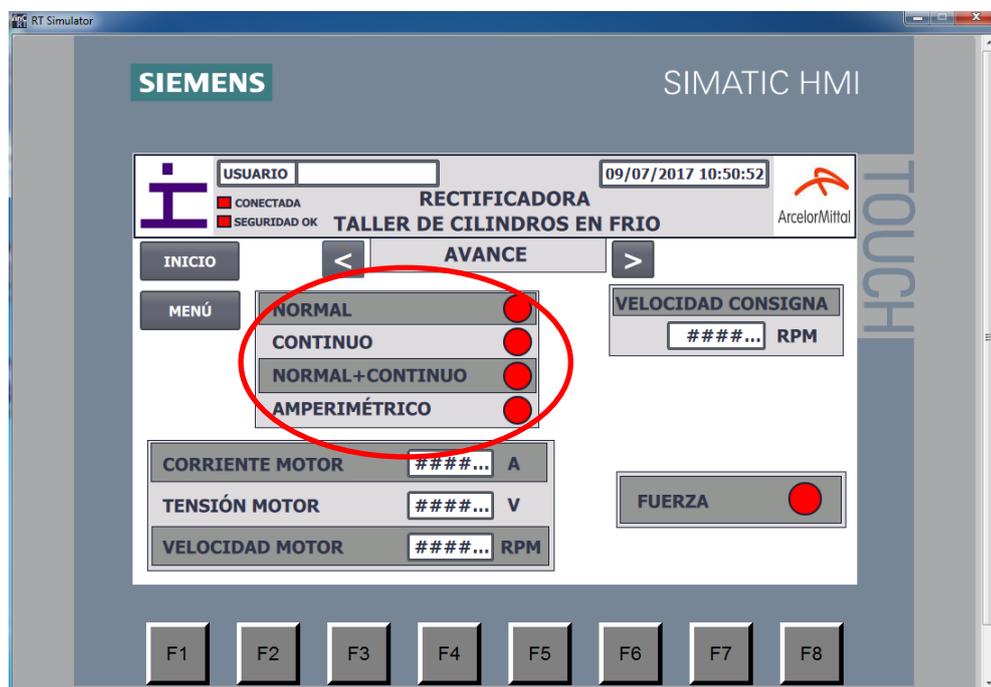


Figura 3.28 Pantalla Avance

La última pantalla es la de alarmas, donde se muestra de forma ampliada los posibles avisos de fallos o alarmas que puedan aparecer en el transcurso del funcionamiento de la máquina.

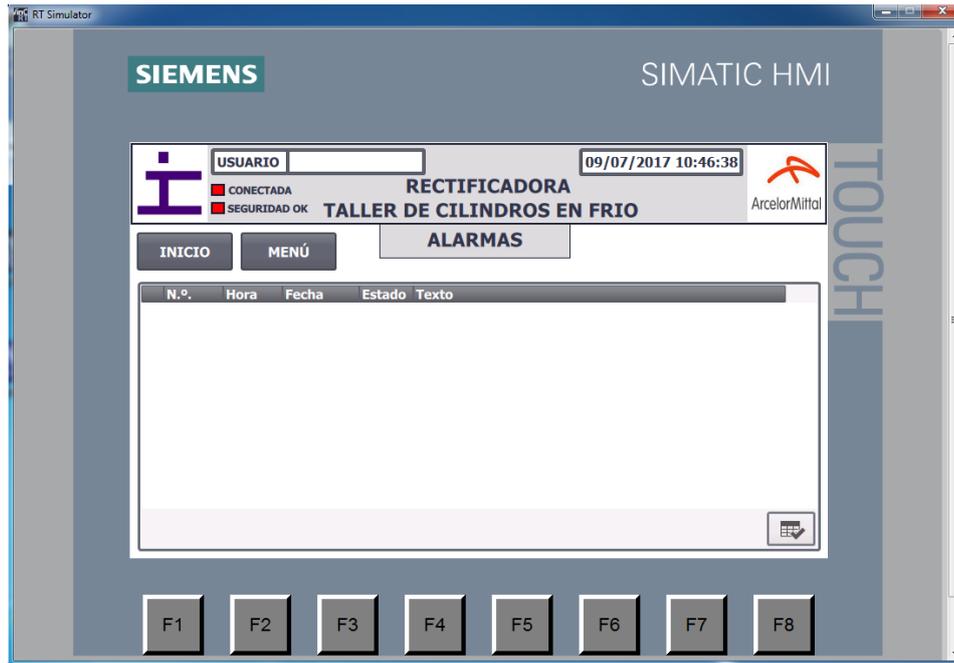


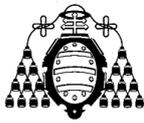
Figura 3.29 Pantalla Alarmas

Se han generado una serie de avisos para mostrar en el HMI. Existen dos tipos, mensajes de información de estado, como “Muela conectada” o “Sobret temperatura cabezal”, que no requieren ser acusados y desaparecen solos cuando finaliza el evento que los ocasiona; y de aviso de fallos, como “Fallo en Q59 (Tensión de frenos)” o “Fallo en Q41 (Fuerza Avance” que requieren de confirmación (ACK) para desaparecer del listado. Estos últimos están planteados de forma que indican qué contacto es el que falla y a que zona corresponde, lo cual facilita la localización de los problemas.



Rectificadora ▶ HMI_1 [KTP700 Basic DP] ▶ Avisos HMI									
Avisos de bit									
...
...
1	Máquina Conectada	Warnings	AVISO_M...	12	%DB12.DBX0.4	ACK	4	4	
2	Cabezal Conectado	Warnings	AVISO_CABE...	12	%DB2.DBX2.4	ACK	5	5	
3	Muela Conectada	Warnings	AVISO_MUEL...	11	%DB3.DBX2.3	ACK	6	6	
4	Sobrettemperatura Cabezal Husillo	Warnings	AVISO_SOBRE...	13	%DB2.DBX2.5	ACK	7	7	
5	Sobrettemperatura Muela	Warnings	AVISO_SOBRE...	14	%DB3.DBX2.6	ACK	8	8	
6	Sobrettemperatura Carro Portamuela	Warnings	AVISO_SOBRE...	9	%DB4.DBX3.1	ACK	9	9	
7	Fallo en Q11 (Fuerza Cabezal Husillo)	Errors	ALARMAS1	8	%DB13.DBX0.0	<Ninguna var...	0		
8	Fallo en Q101 (Control Cabezal Husillo)	Errors	ALARMAS1	9	%DB13.DBX0.1	<Ninguna var...	0		
9	Fallo en Q13 (Excitación Cabezal Husillo)	Errors	ALARMAS1	10	%DB13.DBX0.2	<Ninguna var...	0		
10	Fallo en F11_F12 (Fusibles Cabezal Husillo)	Errors	ALARMAS1	11	%DB13.DBX0.3	<Ninguna var...	0		
11	Fallo en Q21 (Fuerza Muela)	Errors	ALARMAS1	12	%DB13.DBX0.4	<Ninguna var...	0		
12	Fallo en Q102 (Control Muela)	Errors	ALARMAS1	13	%DB13.DBX0.5	<Ninguna var...	0		
13	Fallo en Q23 (Excitación Muela)	Errors	ALARMAS1	14	%DB13.DBX0.6	<Ninguna var...	0		
14	Fallo en F21_F22 (Fusibles Muela)	Errors	ALARMAS1	15	%DB13.DBX0.7	<Ninguna var...	0		
15	Fallo en Q19 (Confirmación GV2 Contrapunto y Luneta)	Errors	ALARMAS2	12	%DB13.DBX2.4	<Ninguna var...	0		
16	Fallo en Q103 (Control Carro Portamuela)	Errors	ALARMAS1	1	%DB13.DBX1.1	<Ninguna var...	0		
17	Fallo en Q33 (Excitación Carro Portamuela)	Errors	ALARMAS1	2	%DB13.DBX1.2	<Ninguna var...	0		
18	Fallo en Q8 (Confirmación GV Filtro Magnético)	Errors	ALARMAS2	13	%DB13.DBX2.5	<Ninguna var...	0		
19	Fallo en Q41 (Fuerza Avance)	Errors	ALARMAS1	4	%DB13.DBX1.4	<Ninguna var...	0		
20	Fallo en Q9 (Confirmación GV Lubricación Axial Muela)	Errors	ALARMAS2	14	%DB13.DBX2.6	<Ninguna var...	0		
21	Fallo en Q10 (Confirmación GV Conducto de Aceite Muela)	Errors	ALARMAS2	15	%DB13.DBX2.7	<Ninguna var...	0		
22	Fallo en Q57 (Tensión Salidas)	Errors	ALARMAS1	7	%DB13.DBX1.7	<Ninguna var...	0		
23	Fallo en Q5_Q60 (Tensión Acoplamiento)	Errors	ALARMAS2	8	%DB13.DBX2.0	<Ninguna var...	0		
24	Fallo en Q59 (Tensión Frenos)	Errors	ALARMAS2	9	%DB13.DBX2.1	<Ninguna var...	0		
25	Fallo en Q7 (Alimentación Accionamientos Auxiliares)	Errors	ALARMAS2	10	%DB13.DBX2.2	<Ninguna var...	0		
26	Disparo Interruptor General	Errors	ALARMAS2	11	%DB13.DBX2.3	<Ninguna var...	0		
27	STOP Carro Portamuela	Warnings	AVISO_CARR...	11	%DB4.DBX3.3	<Ninguna var...	0		
28	Ventilador Refrigeración Conectado	Warnings	AVISO_VENTI...	12	%DB10.DBX0.4	<Ninguna var...	0		
29	Bomba Refrigeración Conectada	Warnings	AVISO_BOMBA	11	%DB10.DBX0.3	<Ninguna var...	0		
30	Retorno Automático	Warnings	AVISO_RETOR...	0	%DB6.DBX1.0	<Ninguna var...	0		
31	Fallo en Q12 (Confirmación GV Lubricación Superficial Desplazador)	Errors	ALARMAS2	0	%DB13.DBX3.0	<Ninguna var...	0		
32	Fallo en Q14 (Confirmación GV Lubricación Bancada)	Errors	ALARMAS2	1	%DB13.DBX3.1	<Ninguna var...	0		
33	Fallo en Q15 (Confirmación GV Bomba Refrigeración)	Errors	ALARMAS2	2	%DB13.DBX3.2	<Ninguna var...	0		
34	Fallo en Q17 (Confirmación GV Ventilador Cabezal Husillo)	Errors	ALARMAS2	3	%DB13.DBX3.3	<Ninguna var...	0		
35	Fallo en Q18 (Confirmación GV Desplazamiento Rápido Avance)	Errors	ALARMAS2	4	%DB13.DBX3.4	<Ninguna var...	0		
36	Fallo en Q20 (Confirmación GV Contrapunto)	Errors	ALARMAS2	5	%DB13.DBX3.5	<Ninguna var...	0		
37	Fallo en Q22 (Confirmación GV Luneta)	Errors	ALARMAS2	6	%DB13.DBX3.6	<Ninguna var...	0		

Figura 3.30 Avisos HMI



4. Conclusiones

Como resultado del proyecto presentado, en primer lugar, cabe destacar que se han logrado los objetivos marcados previamente a su desarrollo, consiguiendo con este proceso de migración alargar la vida útil de la máquina rectificadora y mejorar sus condiciones de seguridad y optimización. Esto ha permitido el ahorro de un desembolso mucho mayor para Arcelor Mittal de haber tenido que sustituir la máquina por una completamente nueva.

Como se ha mencionado, los objetivos se han alcanzado, disponiendo así la máquina de un cableado, panel de operador y armarios eléctricos completamente renovados. También, dispone de una herramienta de supervisión mejorada al incorporar el hmi en la puerta del armario y gracias al envío de señales al sistema IBA del nivel 2. Además, ahora cuenta con un sistema de control actualizado conforme a las especificaciones solicitadas, con una programación estructurada y bien depurada. Esto permite su fácil mantenimiento por el personal técnico propio de Arcelor Mittal.

Por otro lado, el conocimiento adquirido durante su desarrollo por los técnicos que hemos llevado a cabo el proyecto, permitirá a Iturcemi ampliar su ventana de negocio de cara a futuros trabajos con otras máquinas similares.

Finalmente, y a modo de posibles mejoras sobre esta máquina en concreto, se recomendaría una revisión y sustitución si fuera necesario, de la instrumentación (finales de carrera, sensores de temperatura, etc) y de los motores de la máquina, con el fin de poder asegurar también la durabilidad en el aspecto mecánico además de en el eléctrico y de control. Por último, podría implementarse la tecnología de Profibus DP a través de Bluetooth entre la remota y el plc, tal y como en algunos casos ya existe en la propia empresa, lo que ahorraría la larga tirada de cable que existe entre ambos.



5. Glosario de términos

A continuación, se muestra el conjunto de términos referenciados en el documento:

ACK	Acknowledgement
DB	Bloque de datos
DP	Periferia distribuida
FC	Función
HMI	Interfaz Hombre Máquina
IBA	Sistema de adquisición de datos de alta velocidad
Migración	Adaptación de tecnología desfasada a las versiones actuales.
Muela	Herramienta abrasiva utilizada para el arranque de viruta en operaciones de mecanizado.
PLC	Controlador Lógico Programable
Profibus	Estándar de Comunicaciones para bus de campo. PROcess Field BUS.
Rectificadora	Máquina herramienta para mecanizado por abrasión con gran precisión.
Remota	Dispositivo basado en microprocesadores que obtiene señales de los procesos y envía la información al plc donde se procesa.
Revamping	Operación que permite la revisión y reestructuración de las máquinas para alargar su vida útil dentro del proceso productivo
Variador	Sistema para el control de velocidad rotacional de un motor por medio del control de la frecuencia suministrada al motor.



6. Bibliografía

LIBROS

- [1] Simón Millán Gómez, “*Procedimientos de Mecanizado*”, editorial Paraninfo. 2006
ISBN: 8497324285
- [2] Jesús Fraile Mora, “*Máquinas eléctricas*”, editorial McGraw-Hill. 2008
ISBN: 9788416228140
- [3] Nicolas Larburu Arrizabalaga, “*Máquinas prontuario. Técnicas, máquinas, herramientas*”, editorial Paraninfo. 1989 ISBN: 9788428319683

DOCUMENTOS WEB

- [1] Documentación de Siemens, sobre hardware y software empleados en el desarrollo del proyecto
<https://www.siemens.com/global/en/home.html>
- [2] Información sobre el sistema IBA
<https://www.russula.com/es/solutions/high-speed-delivery-acquisition-system.html>
- [3] Información sobre máquinas herramienta rectificadoras
<http://www.demaquinasyherramientas.com>

IMÁGENES

- [1] Imágenes utilizadas en el apartado “2.1.3 Tipos”
<http://www.demaquinasyherramientas.com>
- [2] Todas las fotografías en planta y del software utilizadas en este proyecto son propiedad de Iturcemi y se prohíbe su copia y difusión.