

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

**ESTUDIO DE MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE COLADA
CONTINUA DE PALANQUILLAS EN PLANTA HUACHIPATO.**

**AUTORES: FELIPE HENRIQUEZ DE LA JARA
DAVID SÁEZ OLAVE**

PROYECTO DE TITULO

INGENIERIA CIVIL EN AUTOMATIZACIÓN

CONCEPCIÓN – CHILE

2017

Resumen

El proyecto titulado *“Estudio de modernización del sistema de control y supervisión de colada continua de palanquillas en planta huachipato”*, como bien lo dice su nombre, se realiza en la Compañía Siderúrgica Huachipato S.A., en el área de Mantenimiento y Colada Continua. La colada continua es el área en donde se realiza el proceso de colada del acero líquido a través de moldes, produciendo barras de acero llamadas palanquillas. Las palanquillas son transportadas a través de un grupo de rodillos guía y luego son depositadas por una grúa de levante a fosos de calentamiento (termofosos), en donde se aplica un tratamiento final de calidad.

La problemática que existe es el deficiente monitoreo que se le realiza al tratamiento de las palanquillas en los termofosos y al funcionamiento de las grúas de levante. También destaca la pérdida de información a través de colisiones en la comunicación industrial de la red de topología tipo bus que presenta actualmente la empresa. Además de tener unos equipos obsoletos en cuanto a la captura y envío de información.

La importancia de la captura y envío de datos de estos equipos y del posterior monitoreo de la información se centra en evitar fallas de las maquinarias y equipos presentes en el proceso, un control exhaustivo y preciso de los datos, además de agilizar el proceso para que no hayan tantas colisiones en cuanto al envío de información a través de la red industrial con el objetivo final de un mejoramiento en la calidad de las palanquillas de acero, ya que así se obtiene un acero de mayor resistencia y durabilidad, proporcionando una ventaja competitiva en el mercado.

La solución a esta problemática contempla en la modernización del sistema de control y de la red en cuanto a envío de información. Se realizará una reingeniería que involucra realizar el estudio del proceso actual ya que ocupa instrumentos y procesos que ya van quedando obsoletos en el tiempo y es necesario la modernización de estos para entrar en mejores condiciones en el mercado. Se pretende realizar un estudio y propuesta de mejora en la comunicación de instrumentos de nivel de campo en la planta y un planteamiento de propuesta de software para el sistema de control, ya que actualmente no posee un registro de las variables involucradas en el proceso y es vital tener un respaldo de ellas para un posterior uso en temas de mantención y proyección de posibles errores.



Abstract

The project entitled "Study on the modernization of the system of control and supervision of continuous casting of billets in huachipato plant", as its name says, is carried out in the Company Huachipato S.A., in the area of maintenance and continuous casting. The continuous casting is the area where the process of casting of liquid steel through molds, producing steel bars, billets calls. The billets are transported through a group of guide rollers and are then deposited by a crane to lift to pits of thermal pits, where treatment is applied at the end of quality.

The problem that exists is the poor monitoring that is given to the treatment of the billets in the thermal pits and the operation of cranes to lift. Also, the loss of information through collisions in the industrial communication network topology bus type that currently features the company. In addition to having a few obsolete equipment with regard to the capture and delivery of information.

The importance of the capture and sending data of these equipment and the subsequent monitoring of the information is focused on preventing failures of machinery and equipment present in the process, a comprehensive and accurate control of the data, in addition to streamlining the process so that there are so many collisions with regard to the sending of information through the industrial network, with the ultimate goal of an improvement in the quality of the steel billets, as it gets a steel for strength and durability, providing a competitive advantage in the marketplace.

The solution to this problem in the modernization of the system of control and of the network in terms of delivery of information. There will be a re-engineering that involves carrying out a study of the current process because it occupies instruments and processes that are already obsolete at the time and it is necessary to the modernization of these to get into a better position in the market. The aim is to carry out a study and proposal for improvement in the communication of field-level instruments on the ground and a proposal of software for the control system, which currently do not have a record of the variables involved in the process and it is vital to have an endorsement of them for later use in maintenance and projection of possible errors.

Nomenclatura y Abreviaciones

PLC: Controlador Lógico Programable, se define como un dispositivo electrónico digital que posee una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas de configuración de secuencias, de sincronización, de conteo y aritméticas, para el control de maquinaria y procesos para la automatización industrial.

LTU: Estación de ajuste de colada continua de palanquillas.

WTP: Planta de tratamiento de agua de colada continua palanquillas.

CAP: Compañía de acero del pacifico S.A.

MAU: Dispositivo que interconecta el puerto de interfaz de unidad de conexión en un ordenador host conectado al medio de red Ethernet

AUI: Parte de los estándares IEEE Ethernet que especifica como un cable conectado a una tarjeta ethernet. Consiste en un cable coaxial conectado a un transceptor (transmisor-receptor) que se enchufa en un socket de 15 pines en la tarjeta de interfaz de red.

CP: Procesadores de comunicación.

CPU: Unidad central de procesamiento.

LAN: es una red que conecta los ordenadores en un área relativamente pequeña y predeterminada (como una habitación, un edificio, o un conjunto de edificios).

UTP: Los cables suelen estar confeccionados con aluminio o cobre. UTP, por otra parte, es una sigla que significa Unshielded Twisted Pair (lo que puede traducir como "Par trenzado no blindado"). El cable UTP, por lo tanto, es una clase de cable que no se encuentra blindado y que suele emplearse en las telecomunicaciones.

IEEE: Las siglas IEEE (o I-Triple E, como se conoce coloquialmente), corresponden a una de las mayores asociaciones del mundo en el campo de la ciencia y la ingeniería. Su nombre completo en inglés es Institute of Electrical and Electronic Engineers. Hace ya unos años tenía cerca de medio millón de miembros, englobando a los profesionales del campo de la electrónica, telecomunicaciones e informática de todo el mundo.

Índice General

CAPITULO 1.....	11
1. Introducción.....	11
1.1. Descripción de la empresa.....	12
1.2. Productos.....	12
1.3. Entorno.....	13
1.3.1. Competencia Directa.....	13
1.3.2. Misión.....	14
1.3.3. Visión.....	14
1.4. Objetivos de la Empresa.....	15
1.5. Descripción de la problemática.....	15
1.6. Objetivos del proyecto.....	15
1.6.1. Objetivo general.....	15
1.7. Objetivos específicos.....	15
1.8. Descripción general del proceso.....	16
1.9. Resumen del capítulo.....	17
CAPITULO 2.....	18
2. Descripción detallada de cada etapa del proceso.....	18
2.1. Torre Giracuchara.....	18
2.1.1. Funcionamiento.....	19
2.2. Levantamiento/bajada de la cuchara.....	21
2.3. Sistema de control de la compuerta corredera de la cuchara.....	22
2.3.1. Manipulador de buzas Concast (CNM).....	23
2.3.2. Sistema del CNM.....	23
2.4. Compuerta corredera de emergencia de la artesa.....	25
2.5. Plataforma Porta Molde con Sistema de Prueba Presión.....	26
2.6. Oscilación del Molde.....	27
2.7. Medición de nivel en el molde.....	28
2.8. Control de la barra tapón de la artesa.....	29
2.9. Extractor de vapor.....	31
2.10. Sistema de agitación del molde.....	32
2.11. Sistema de agua de enfriamiento.....	33
2.12. Extractora y Enderezadora.....	34
2.13. Sistema de medición de la longitud de las palanquillas.....	35
2.14. Optimización final de la colada.....	36
2.15. Máquina de oxicorte.....	37
2.16. Camino de rodillos de descarga-Rodillos comunes.....	38
2.18. Levantador de Palanquillas.....	40
2.19. Mesa de enfriamiento de tipo de arrastre.....	41
2.20. Mesa de enfriamiento de empuje.....	43
2.21. Mesa de enfriamiento giratoria.....	44
2.22. Camino de rodillos de traslado de palanquillas.....	45



2.23. Medición de la temperatura del acero	46
2.24. Central hidráulica.....	48
2.25. Cabina hidráulica de descarga	49
2.26. Partes hidráulicas de la torre giracuchara	49
2.27. Sistema de enfriamiento del molde.....	49
2.28. Sistema de enfriamiento secundario	49
2.29. Sistema de enfriamiento de las máquinas.....	50
2.30. Sistema de enfriamiento de emergencia.....	50
2.31. Gases de consumo.....	50
2.32. Generador de potencias de emergencia.....	51
2.33. Resumen del capítulo	52
CAPITULO 3	53
3. Resumen de la red.....	53
3.1. Topología de red	54
3.2. Protocolo de comunicación	56
3.2.1. Profibus FMS (Fieldbus Message Specification)	56
3.2.1. Profibus DP (Distributed Peripheral).....	57
3.2.2. Profibus PA (process automation).....	57
3.2.4. Profibus DP (periferia descentralizada).....	58
3.2.5. Transmisión de datos	59
3.3. Componentes actuales de la red	60
3.3.1. Cable AUI.....	60
3.3.2. Conversor de medio o transceiver	61
3.3.3. Concentrador o Hub.....	62
3.3.4. Conmutador o Switch.....	63
3.3.5. Sistema de automatización S7-300.....	64
3.3.6. Sistema de automatización S7-400.....	65
3.3.7. CP 343 – 1	69
3.3.8. CP 443 - 1	71
3.3.9. CP 441 - 2	73
3.3.10. Transceptor CentroCOM AT-270 T.....	76
3.3.11. Resumen del capítulo.....	77
CAPITULO 4	78
Topología de red actual	78
4. Elementos de importancia para propuesta de red	79
4.1. Fibra óptica	79
4.1.1. Fibra Óptica Monomodo.....	80
4.2. Cambios de los transceptores para cambios de medio físico (Ethernet a fibra óptica)	83
4.3. Cambios de las unidades centrales de procesamiento (CPU).....	84
4.4. Cambios de los procesadores de comunicaciones (CP)	87
4.5. SCADA.....	90
4.5.1. Vijeo Citect v7.2.....	90
4.6. Resumen del capítulo.....	91



CAPITULO 5	91
5. Cotizaciones	91
5.1. Transceptor conversión UTP a fibra óptica	92
5.2. Cotización de instrumentos	93
5.3. Cotización cable de fibra óptica.....	94
5.4. Resumen del capítulo	95
 CAPITULO 6	 95
6. Propuesta para cambios en la red	95
6.1. Propuesta 1	95
6.2. Propuesta 2	99
6.3. Propuesta 3	103
6.3.1. 24 Port 10/100Mbps + 4G TP/SFP Combo L2/L4 Industrial Managed Switch	103
6.4. Resumen del capítulo	107
 CAPITULO 7	 108
7. Factibilidad económica.....	137
8. Conclusión	140
9. Bibliografía.....	113
10. Anexo	114

Índice de Figuras

Ilustración N°1. Esquema torre giracuchara.....	19
Ilustración N°2. Posiciones de giro para la torre giracuchara	19
Ilustración N°3. Posiciones de giro para la torre giracuchara de ambos brazos para posicionar en carga y en colada	20
Ilustración N°4. Ubicación de cilindros hidráulicos para levante/bajada en la torre	21
Ilustración N°5. Vista general de las cucharas y posición de vaciado de acero líquido en artesa ..	23
Ilustración N°6. Sistema para movimiento de las buzas	24
Ilustración N°7. Accionamiento para el cierre de emergencia de la artesa	25
Ilustración N°8. Sistema de prueba de presión.....	26
Ilustración N°9. Componentes para efectuar la oscilación en el molde	27
Ilustración N°10. Diagrama en bloque de medición de nivel en el molde.....	28
Ilustración N°11. Sistema de control de la barra tapón	30
Ilustración N°12. Layout eléctrico de posicionamiento de barra falsa	31
Ilustración N°13. Extractor de vapor.....	31
Ilustración N°14. Sistema de alimentación de potencia para la agitación del molde	32
Ilustración N°15. Sistema de enfriamiento en agitadores	33
Ilustración N°16. Posiciones que adopta la enderezadora y extractora.....	34
Ilustración N°17. Posicionamiento del codificador encoder para medición de longitud de la Palanquilla	35
Ilustración N°18. Esquema de optimización de la colada.....	36
Ilustración N°19. Sistema de oxicorte aplicado en la palanquilla	37
Ilustración N°20. Camino de rodillos de descarga	39
Ilustración N°21. Tope final de la palanquilla	39
Ilustración N°22. Levantador de palanquillas	40
Ilustración N°23. Esquema de mesa de enfriamiento del tipo arrastre.....	42
Ilustración N°24. Esquema para empuje de palanquillas.....	43
Ilustración N°25. Transferencia de palanquillas desde rodillos de carga hasta mesa la mesa de enfriamiento.....	44
Ilustración N°26. Camino de rodillos de traslado palanquillas	45
Ilustración N°27. Sistema para la medición de temperatura del acero	47
Ilustración N°28. Topología en anillo	55
Ilustración N°29. Estructura y tipos de perfiles Profibus.....	57
Ilustración N°30. Equipos participantes en una red Profibus	59
Ilustración N°31. Cable AUI.....	61
Ilustración N°32. Transceptor CentreCOM serie AT-200 con conector para cable thicknet	61
Ilustración N°33. Vista frontal del repetidor CentreCOM3016SL	62
Ilustración N°34. Conversión de medio cable UTPa AUI.....	63
Ilustración N°35. Vista frontal del HP Advance Stack Switch 2000 con módulos opcionales y transceptores instalados.....	64
Ilustración N°36. Controlador lógico programable S7-300	67
Ilustración N°37. Controlador lógico programable S7-400.....	69
Ilustración N°38. Procesador de comunicaciones SIEMENS CP 343-1 SIMATIC NET	70



Ilustración N°39. Modelo físico del módulo para procesamiento de comunicaciones	
SIEMENS CP 443-1	72
Ilustración N°40. Modelo físico del módulo para procesamiento de comunicaciones	
SIEMENS CP 441-2.....	73
Ilustración N°41. Transceptor CentreCOM270 T	76
Ilustración N°42. Plano distribución de la topología de red planta colada continua	78
Ilustración N°43. Composición del cable de fibra óptica	80
Ilustración N°44. Medidor láser BOSCHGLM 100 C.....	82
Ilustración N°45. SFP Media converter 10/100/1000.....	84
Ilustración N°46. Cotización SFP Media converter 10/100/1000.....	92
Ilustración N°47. Cotización de CPU 417-4, CP 443-1, CP 343-1	93
Ilustración N°48. Cotización por metro de fibra óptica a utilizar	94
Ilustración N°49. Modificación a la red topología de anillo con fibra óptica y transceptores	98
Ilustración N°50. Modificación a la red topología bus con fibra óptica y transceptores.....	102
Ilustración N°51. Switch cotizado para propuesta 3	103
Ilustración N°52. Valor de switch cotizado para propuesta 3.....	105
Ilustración N°53. Modificación a la red topología bus con switch para evitar colisiones	106
Ilustración N°54. Panel de operación de molde.....	114
Ilustración N°55. Sistema de dosificación/lubricación con aceite para los moldes	117
Ilustración N°56. Forma de aplicación de polvo al molde	118
Ilustración N°57. Accionamiento para el rodillo de arrastre de despunte	120
Ilustración N°58. Ubicación del soplete de corte de muestras.....	121
Ilustración N°59. Camino de rodillos de descarga en el área de transferencia lateral.....	122
Ilustración N°60. Desplazamiento lateral de las palanquillas	124
Ilustración N°61. Camino de rodillos de carga en caliente	125
Ilustración N°62. Esquema de empujador de palanquillas calientes.....	126
Ilustración N°63. Camino de rodillos de traslado en caliente con empujador de palanquillas	127
Ilustración N°64. Esquema separador de palanquillas calientes	128
Ilustración N°65. Esquema para recepción de las palanquillas calientes en la mesa colectora	129
Ilustración N°66. Esquema del sistema central de lubricación con grasa	129
Ilustración N°67. Sistema para recolección de muestras cortadas de acero.....	131
Ilustración N°68. Mando instalado en el armario de agitadores de línea	134
Ilustración N°69. Obtención de datos para control de sistema stopper	136
Ilustración N°70. Esquema colada abierta	137
Ilustración N°71. Esquema colada cerrada	140



Índice de Tablas

Tabla N°1. Características Profibus según EN 50 170	60
Tabla N°2. Información Técnica S7 300	67
Tabla N°3. Información Técnica S7-400	69
Tabla N°4. Información Técnica CP 343-1	71
Tabla N°5. Información técnica CP 443-1	73
Tabla N°6. Información técnica CP 441-2	74-75
Tabla N°7. Datos y especificaciones de las CPU 414-1 / CPU 414-2DP.....	75-76
Tabla N°8. Variantes Ethernet sobre fibra óptica (f.o.) más utilizadas.....	81-82
Tabla N°9. Mediciones y estimaciones de distancias en CAP	83
Tabla N°10. Datos y especificaciones de la CPU 417-4	84-85
Tabla N°11. Datos y especificaciones comparadas de ambas CPU	86
Tabla N°12. Datos y especificaciones de la CP443-1 Advanced.....	87
Tabla N°13. Datos y especificaciones comparadas de ambas CP	87-88
Tabla N°14. Datos y especificaciones de la CP343-1 Advanced.....	88-89
Tabla N°15. Datos y especificaciones comparadas de ambas CP del PLC Siemens S7300	89
Tabla N°16. Cantidad y costo de los instrumentos para propuesta 1	95
Tabla N°17. Metros de fibra óptica a ocupar en cada trayecto de estaciones.....	96
Tabla N°18. Valor por metro de fibra óptica en cada trayecto de estación	96
Tabla N°19. Valor total de la propuesta en pesos chilenos	97
Tabla N°20. Cantidad y costo de los instrumentos para propuesta 2	99
Tabla N°21. Metros de fibra óptica a ocupar en cada trayecto de estaciones.....	100
Tabla N°22. Valor por metro de fibra óptica en cada trayecto de estaciones.....	100
Tabla N°23. Cifra total de la propuesta en pesos chilenos	101
Tabla N°24. Datos Técnicos Switch propuesto	104
Tabla N°25. Cifra total de la propuesta en pesos chilenos	105
Tabla N°26. Flujo de propuesta 1 en pesos chilenos	108
Tabla N°27. Flujo de propuesta 2 en pesos chilenos	109
Tabla N°28. Flujo de propuesta 3 en pesos chilenos	110

CAPITULO 1

1. Introducción

Este proyecto se enmarca en la Compañía Siderúrgica Huachipato S.A., empresa líder, que cuenta con un gran prestigio, calidad, innovación y tecnología de punta, ayudando al país y al extranjero a solucionar las necesidades de acero. Se dice que es una empresa integrada ya que en la elaboración utiliza materias primas provenientes directamente de la naturaleza.

Dentro de esta empresa se encuentra el departamento de mantenimiento de acería y colada continua, encargado de realizar mantención a los equipos y maquinarias que participan en el proceso de la acería y colada del acero. Es aquí donde se elaboran las palanquillas de acero, producto semiterminado. La colada continua es el área en donde se realiza el proceso de colada del acero líquido desde recipientes gigantes llamados cuchara y desde el cual se vacía el acero líquido que llega a los moldes, produciendo barras de acero llamadas palanquillas. Las palanquillas son transportadas a través de un grupo de rodillos guía y luego son depositadas por una grúa de levante a fosos de calentamiento, en donde se aplica un tratamiento final de calidad.

Una de las tareas importantes que debe cumplir el departamento es la obtención, manipulación y almacenamiento de la información que arrojan los equipos de medición de variables dentro del proceso productivo, ya que es de mucha importancia a la hora de tomar decisiones, ya sea para evitar fallas en el funcionamiento de las máquinas, mejorar la calidad de las palanquillas de acero, aumentar la producción de los productos que se ofrecen, agilizar los tiempos del proceso y ayudar a la mantención de las maquinarias participes en el proceso de la colada del acero. Es por esto que es imprescindible una excelente lectura de los datos que entregan los distintos dispositivos electrónicos que se encuentran en las distintas fases de la producción, como lo son los controladores lógicos programables (PLC), que son equipos con múltiples señales de entrada y salida, digitales y análogas, encargados de controlar procesos y capturar datos, además de registradores de magnitudes físicas como temperatura o masa.

Esta lectura debe ser clara y respaldada de forma segura para una sencilla manipulación por parte del usuario, pero se dificulta, ya que no siempre se cuenta con dispositivos electrónicos o de marcas corporativas similares que puedan administrarse con un mismo software, al contrario, cada equipo posee su propio software, el cual en muchas ocasiones conlleva un gran gasto económico para la empresa además de dificultades en la usabilidad por parte de los usuarios.

El propósito de este proyecto se enfoca en dos grandes puntos los cuales son:

El estudio de la modernización en los controladores lógicos programables que están involucrados en las etapas del proceso de colada continua, los cuales son los PLC siemens s7300 y s7400, ya que son equipos instalados desde el año 1999 y que a la fecha requiere

un cambio de ellos para asegurar una captación óptima de los datos , ya sea porque los equipos se hayan deteriorado con el tiempo dado a las condiciones adversas dentro de la planta de colada continua (altas temperaturas), y también por un tema de que hayan quedado obsoletos con el tiempo y en la actualidad se encuentran equipos con mejores prestaciones.

El otro punto importante a abordar en este proyecto es un sistema de supervisión de los datos relacionados al proceso, ya que actualmente en Cap acero no se cuenta con un sistema de base de datos que lleve un registro de las variables del proceso y esto es de vital utilidad para obtener datos para optimizar el proceso, como también para tener una base estadística para pronosticar fallas futuras.

1.1 Descripción de la empresa

Antecedentes Generales de la Empresa

Nombre: CAP Acero, Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. Dirección: Av. Gran Bretaña 2910, Talcahuano – Chile.

Rubro: Producción de Acero.

1.2 Productos

Para la fabricación de los productos finales de la empresa primero se elaboran las palanquillas de acero, las cuales se obtienen mediante el colado del acero líquido y posterior moldeado para su solidificación. Los productos finales que se obtienen a partir de las palanquillas de acero solidificado son:

Barras para Molienda: Estas barras se ocupan para la molienda de minerales, que es donde se separan los minerales valiosos, poseen propiedades de elevada resistencia a la abrasión (dureza), elevada tenacidad, desgaste uniforme y buena rectilineidad.

El producto se caracteriza por su alto contenido de carbono con adición de uno o más de otros elementos aleantes tales como manganeso, silicio, cromo, molibdeno y vanadio los que en conjunto con el carbono otorgan a las barras una dureza y tenacidad equilibradas para asegurar una adecuada eficiencia de la molienda.

Barras para Hormigón: CAP Acero produce estas barras con acero limpio, obtenido a partir de mineral de hierro, permitiendo satisfacer así las exigencias de ductilidad en obras proyectadas para zonas de alta sísmico, como es Chile.

Para uso en refuerzo de hormigón, son producidas con nervadura llamada resalte (excepto diámetro 6 mm) lo que aumenta la adherencia entre el acero y el concreto.

Barra Helicoidal: La Barra Helicoidal (también conocida como Barra Rosca) ha sido diseñada para reforzar y preservar la resistencia natural que presentan los estratos rocosos, suelos o taludes. Consiste en una barra de acero con resaltes en forma de hilo helicoidal de amplio paso que actúa en colaboración con un sistema de fijación formado por una placa perforada de acero y una tuerca. La inyección de concreto, mortero o resina en la perforación del estrato en que se introduce la barra sirve de anclaje, actuando el hilo como resalte para evitar el deslizamiento de la barra. Ello da como resultado un conjunto altamente resistente, sometido a esfuerzo de compresión.

Barras CAP Sol: La BARRA CAP-SOL ha sido diseñada para fortificación minera como marcos reticulados para túneles, estructuras preformadas, pilares, mallas electro soldadas, etc.

Alambrón: En el laminador de barras de CAP Acero, se fabrica Alambrón en rollo con acero limpio, elaborado a partir de Mineral de Hierro, para abastecer un mercado creciente y de exigentes condiciones de trefilabilidad.

El Alambrón (Wire Rod) es un producto de sección circular, superficie lisa, no decapada, que se fabrica en calidades al carbono, conforme a una composición química conocida y que se obtiene al laminar una palanquilla.

1.3 Entorno.

1.3.1 Competencia Directa:

La principal competencia dentro del mercado del acero para CAP Acero son las Siderúrgicas Chinas las cuales poseen el 59% del mercado mundial, cuyo producto es de menor costo, pero también de menor calidad. Este aumento en las producciones de acero en China ha influido directamente en el mercado nacional afectando a Huachipato finalizando con el cierre de algunas de sus líneas de producción.

La otra empresa siderúrgica que opera en Chile es la internacional Gerdau Aza, la que a diferencia de Huachipato, está centrada exclusivamente en el reciclaje de chatarra de acero.

Cuota de Mercado:

Dentro del negocio del acero, CAP Acero tiene una participación de:

- 60% a nivel nacional.
- 2 % a nivel internacional.



1.3.2 Misión.

Su Misión es producir y proveer productos y soluciones en acero de excelente calidad y servicio que superen las expectativas de sus clientes, privilegiando el desarrollo del recurso humano como factor determinante del éxito. Desarrollar ventajas competitivas, que generen rentabilidad, a través de la innovación de sus procesos mediante el uso de tecnologías sustentables.

1.3.3 Visión.

La Visión de CAP Acero es liderar en Chile el negocio del acero en todas sus formas y desarrollar nuevas oportunidades en el área de tecnologías siderúrgicas.

1.4 Objetivos de la Empresa.

- Ser una empresa líder en calidad e innovación que cuente con la más avanzada tecnología para proveer las soluciones en acero que apoyen al crecimiento del país.
- Garantizar acero de la más alta pureza y calidad controlada.
- Consolidar liderazgo en el mercado nacional.
- Invertir en tecnología y equipamiento de avanzada, compatibles con un desarrollo sustentable.
- Mantener la excelencia en sus procesos y logra calidad creciente en sus productos en un marco de respeto por el medio ambiente.
- Compromiso con la comunidad, impulsando iniciativas culturales, deportivas y educacionales que han contribuido a mejorar la calidad de vida de sus trabajadores, sus familias y de sus vecinos.
- Apoyar el desarrollo de las personas con la misma fuerza que pone en la tarea de producir y proveer el acero con que se construye el futuro de Chile.

1.5. Descripción de la problemática

La problemática actual en el proceso de colada continua se encuentra enfocado a nivel de red de comunicación, en donde la velocidad de transmisión en 3 sub-estaciones se ve disminuida por la distancia de la comunicación de datos hasta el PLC común, también hay problemas de colisión de paquetes de datos dada la topología ocupada en el medio físico la cual es una de tipo bus, y generalmente se dan este tipo de problemas en dicha estructura. A su vez se ha de necesitar una migración o actualización en el sistema de distribución y adquisición de datos ya que la versión existente allá es una caducada, por lo tanto se espera un cambio de ella.

1.6. Objetivos del proyecto

1.6.1. Objetivo general

Realizar un Estudio para la Modernización del Sistema de Control y Supervisión de Colada Continua Palanquillas en Planta Huachipato.

1.7. Objetivos específicos

- Realizar una investigación acerca de los procesos actuales de la empresa, así también de las tecnologías que utiliza y de los conocimientos en control industrial para abarcar el desarrollo del proyecto.
- Realizar propuesta para cambio del sistema de adquisición de datos para llevar un registro de los datos el cual actualmente no poseen para que sea de forma útil a futuro para la mejora del proceso.
- Realizar el estudio para proponer la modernización de la red involucrando un cambio de los módulos acoplados a los controladores lógicos programables (PLC) en la etapa de colada continua.

1.8. Descripción general del proceso

Se comienza el proceso con el transporte del acero líquido en una cuchara de 70 toneladas, la cual es portada por la torre giracuchara que se encarga de mover éstas cucharas con acero líquido (llegando a pesar 100 toneladas) desde el área de producción hasta el área de colada. Son dos cucharas las que son transportadas por la torre, una cuchara debe ser puesta en zona de carga, en donde se carga la cuchara con el acero líquido mientras que la otra cuchara debe estar en zona de colada, posicionándose encima de la artesa para comenzar el proceso de vaciado del acero líquido a esta, también la torre giracuchara está equipada con 2 brazos que sostienen cada una de ellas, estos pueden realizar levantamientos o bajadas de forma independiente el uno del otro, estos sirven para realizar un desplazamiento de la cuchara desde una posición de carga hasta una posición de colada, para llevar a cabo el movimiento de levante y bajada, cada brazo está equipado con cilindros hidráulicos que les permiten realizar estos movimientos.

La parte superior de la torreta gira por medio de accionamientos eléctricos y/o neumáticos, los cuales están montados en la parte inferior de la torre. La posición de la torre es detectada por un codificador que se encuentra en el eje del motor eléctrico, este genera unos impulsos que son detectados por una tarjeta de entrada ins talada en el controlador lógico programable (PLC) el cual está encargado del control de los accionamientos. La velocidad de giro de la torre es aumentada o disminuida para que no ocurran salpicaduras de acero o algún esfuerzo en la torre.

Luego del posicionamiento de la torre giracuchara hasta una posición de colada, se procede a realizar el vaciado del acero líquido desde la cuchara hasta la artesa, que es una especie de fuente que se va angostando en forma de embudo hasta que forma un tubo más reducido de salida que es por donde sale el acero líquido hasta llegar a las buzas, que corresponden a los moldes que producirán las barras metálicas en 5 líneas de salida, las cuales van saliendo constantemente. El molde realiza un movimiento oscilatorio con el fin de evitar que la piel de la barra se quede pegada al molde, obtener un crecimiento uniforme de la piel y que se garantice una buena calidad superficial de la barra. Además, el acero que ingresa al molde se debe medir en la parte superior de este y mandar esta información al controlador lógico programable de control, para evitar que el líquido se acumule en el molde y se desperdicie acero.

Para esto es necesario el control de la barra tapón de la artesa en el caso de colada cerrada, donde se varía la posición de la barra tapón y con ello también varía la abertura del fondo de la artesa, o el control de la velocidad del accionamiento de la extractora (donde se extrae el acero de la artesa), en el caso de colada abierta.

Ya una vez obtenida las 5 líneas de barras de acero líquido, van saliendo de sus respectivos moldes están van siendo refrigeradas por chorros de agua controlados para que se vayan endureciendo durante su paso hasta llegar a rieles que van trasladando las barras ya producidas. Mientras se van transportando la barra en su producción constante a esta se le aplica un oxicorte cada 7 metros para la producción del producto final, luego de aplicado el corte las cintas transportadoras llevan las barras ya cortadas hasta una zona de almacenaje mediante rodillos transportadores.

1.9. Resumen del capítulo.

En este capítulo se hace énfasis a la introducción y aspectos generales de la empresa, tanto como su visión, la misión de ella y también se mencionan los objetivos que abordan este proyecto, tanto los generales como los específicos. A su vez también se plantea la problemática que afecta al proceso con lo que se propone solucionar con el estudio a realizar, ya que consiste en parte vital para abordar el proyecto de manera sistemática y ordenada. Se describe también a grandes rasgos y de manera sintetizada el proceso, dando así una vista general de sus etapas.

CAPITULO 2

2. Descripción detallada de cada etapa del proceso

Luego de una breve reseña de lo que consiste el proceso, se procede a entrar en detalle la explicación de cada etapa del proceso de colada continua:

2.1. Torre Giracuchara

La torre giracuchara es utilizada para transferir una cuchara cargada con acero líquido del área de producción del acero al área de colada y para colocarla encima de la artesa lista para la colada. Una vez vaciada la cuchara, ésta es desplazada hacia el área de producción de acero y quitada por medio de la grúa.

La torre giracuchara está constituida por una sección inferior fija y una sección superior giratoria. La sección superior giratoria está provista de dos brazos rígidos, el brazo A y el brazo B alineados a 180° el uno del otro. La sección superior es soportada por una rangua axial y gira por medio de accionamientos eléctricos y neumáticos montados en la sección inferior fija. El accionamiento eléctrico se utiliza en condiciones normales de trabajo, mientras el accionamiento neumático se usa en condiciones de emergencia, p.ej. durante un corte de corriente general o en caso de ruptura de los accionamientos eléctricos.

La posición de la torre es detectada por medio de un codificador de señales (encoder) instalado en el eje del motor eléctrico. Los impulsos generados por este codificador son detectados por una tarjeta de entrada del contador rápido del PLC. Si el motor de rotación ha sido accionado, pero el valor del codificador no se adecúa a los valores del motor, el procedimiento del software debe ser interrumpido y se visualiza una alarma en la unidad de visualización (VDU). La posición de colada de ambos brazos es detectada por interruptores de proximidad. Estas señales ponen a cero también el contador rápido.

La velocidad de rotación es controlada en las áreas donde gira la torre, es aumentada y disminuida uniformemente para evitar salpicaduras de acero y esfuerzos en la torre. Cuando se para la torre se la mantiene en posición por medio de freno de retención (accionado neumáticamente). La torre puede girar en dos direcciones, CCW (antihoraria) y CW (horaria), sin alguna limitación, dado que todas las líneas hidráulicas y eléctricas de la torre giracuchara están conectadas por medio de juntas giratorias o anillos colectores.

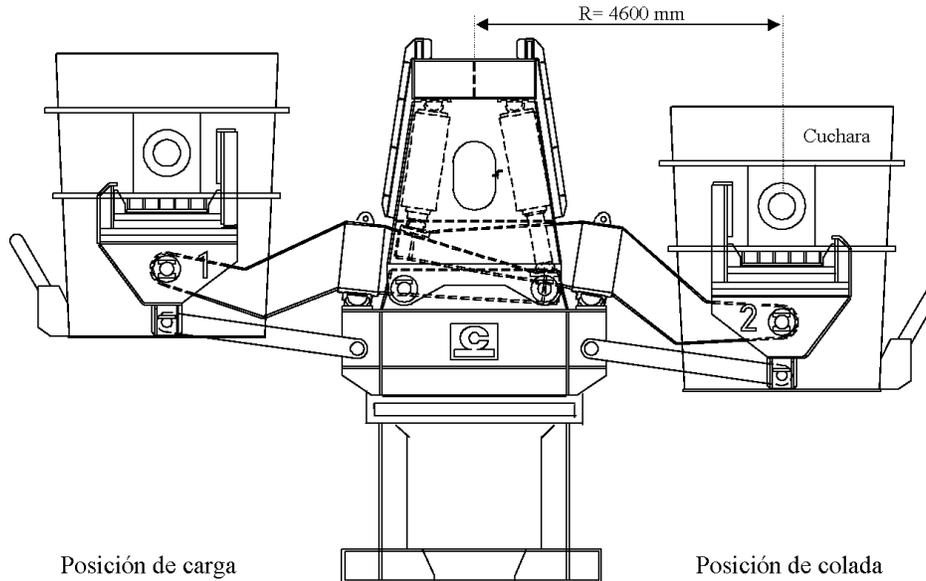


Ilustración 1. Esquema torre giracuchara.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.1.1. FUNCIONAMIENTO

El brazo de la torre giracuchara ubicado en el área de producción del acero debe estar en POSICIÓN DE CARGA y el brazo situado en el área de colada encima de la artesa debe estar en POSICIÓN DE COLADA. En condiciones normales de funcionamiento se determina la secuencia siguiente:

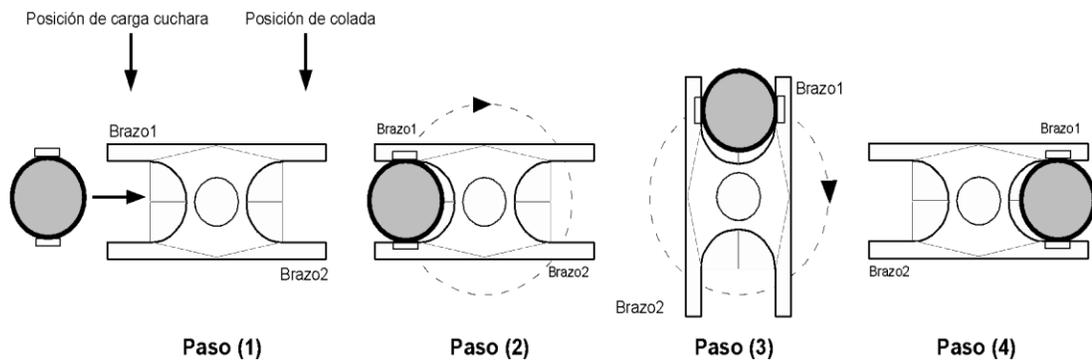


Ilustración 2. Posiciones de giro para la Torre Giracuchara.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

La torre gira de manera que un brazo vacío se encuentre en la posición de carga. La grúa en el área de producción del acero desplaza una cuchara llena hasta la torre y la baja posicionándola dentro las ranuras en el brazo de la torre (Paso 1). Después que la grúa ha descargado la cuchara (Paso 2), el operador puede girar la torre (Paso 3) y desplazar la cuchara llena a la posición de colada (Paso 4). En condiciones normales, la rotación debe efectuarse en dirección anti horaria para que la primera cuchara se encuentre siempre encima de los canales de colada de emergencia en caso de pérdidas de acero.

Si no es posible controlar la compuerta corredera de la cuchara, la torre giracuchara debe girar hasta la posición de emergencia para desviar el chorro de acero en condiciones de seguridad en el canal de colada de emergencia y/o en la cuchara. La posición de emergencia es la misma de la posición de carga. Después de vaciar la primera cuchara en posición de colada, es posible continuar el proceso de colada desplazando la segunda cuchara a la posición de colada (Pasos 5-8).

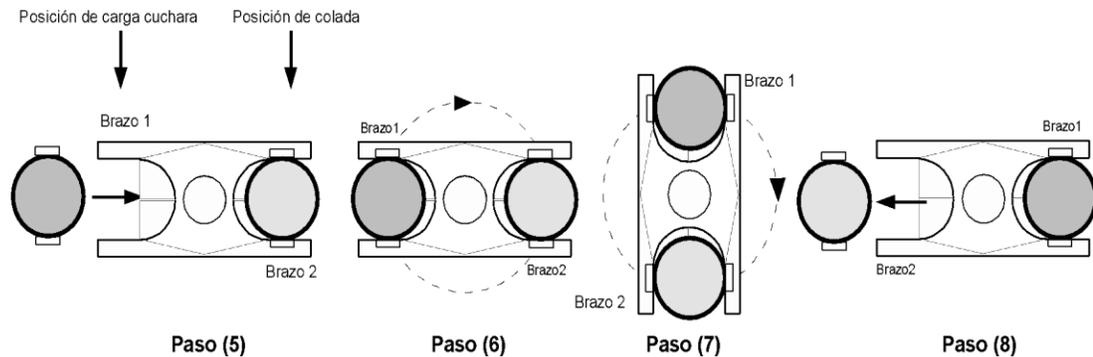


Ilustración 3. Posiciones de giro para la Torre Giracuchara de ambos brazos para posicionar en carga y en colada.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.2. Levantamiento/bajada de la cuchara

La torre giracuchara está provista de dos brazos que pueden ser levantados o bajados independientemente uno del otro. El brazo "A" y/o el brazo "B" puede ser levantado a la posición de "Carga" y/o a la posición de "Colada" para:

- Desplazar una cuchara de la posición de "Carga" a la posición de "Colada" cuando el carro portaartesa está ya en posición de "colada" y no ha sido colocado debajo de la posición intermedia.
- Facilitar la conexión del tubo de protección del chorro a la cuchara en posición de "Colada".

Para levantar/bajar los brazos de la torre giracuchara, cada brazo está provisto de un cilindro hidráulico accionado por el grupo de bombas hidráulicas de la torre giracuchara. Un interruptor de proximidad instalado en cada brazo limita la carrera del Brazo-1 y del Brazo-2 en posición ALTA y en posición BAJA. El control se efectúa por medio de pulsadores instalados en la caja de mando de la torre giracuchara.

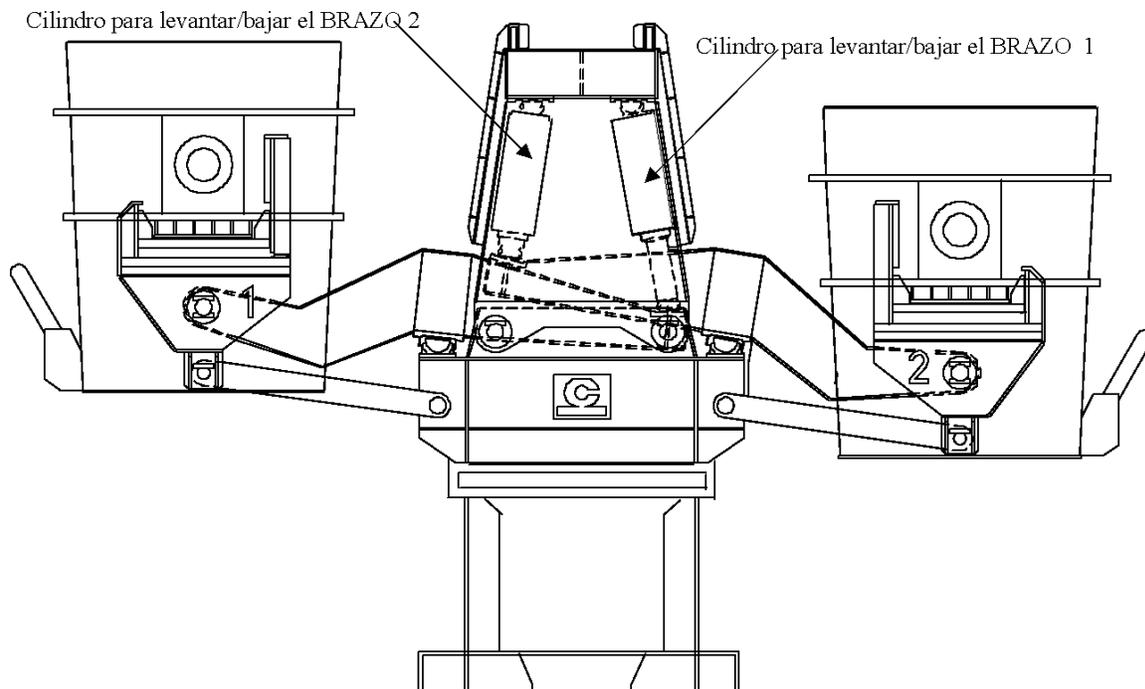


Ilustración 4. Ubicación de cilindros hidráulicos para levante/bajada en la torre.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.3. Sistema de control de la compuerta corredera de la cuchara

El sistema de control de la compuerta corredera de la cuchara controla, monitorea y regula el nivel del acero líquido en la artesa. Esta función puede ser realizada manualmente por el operador el cual abre y cierra la compuerta corredera para obtener un nivel constante de acero en la artesa o “automáticamente” por el sistema de automatización que acciona el cilindro de la compuerta corredera de acuerdo con el peso de la artesa. La señal de pesaje representa sólo el peso neto del acero de la artesa que se encuentra corrientemente en posición de colada y se calcula de la siguiente manera:

- Peso medido = peso neto del acero en la artesa
- Campo = 0 % \Leftrightarrow 100 % (27 ton)

Por medio de esta señal el procedimiento de control de la compuerta corredera de la cuchara acciona el cilindro hidráulico instalado en la compuerta para mantener constante el peso del acero en la artesa y obtener un chorro de acero constante a través de las buzas de la artesa. El sistema se compone de los dispositivos siguientes:

- Central hidráulica con dos bombas.
- Caja de mando local para la central hidráulica.
- Panel colgante (botonera) de mando para accionar la compuerta corredera del brazo 1 de la cuchara.
- Panel colgante (botonera) de mando para accionar la compuerta corredera del brazo 2 de la cuchara.

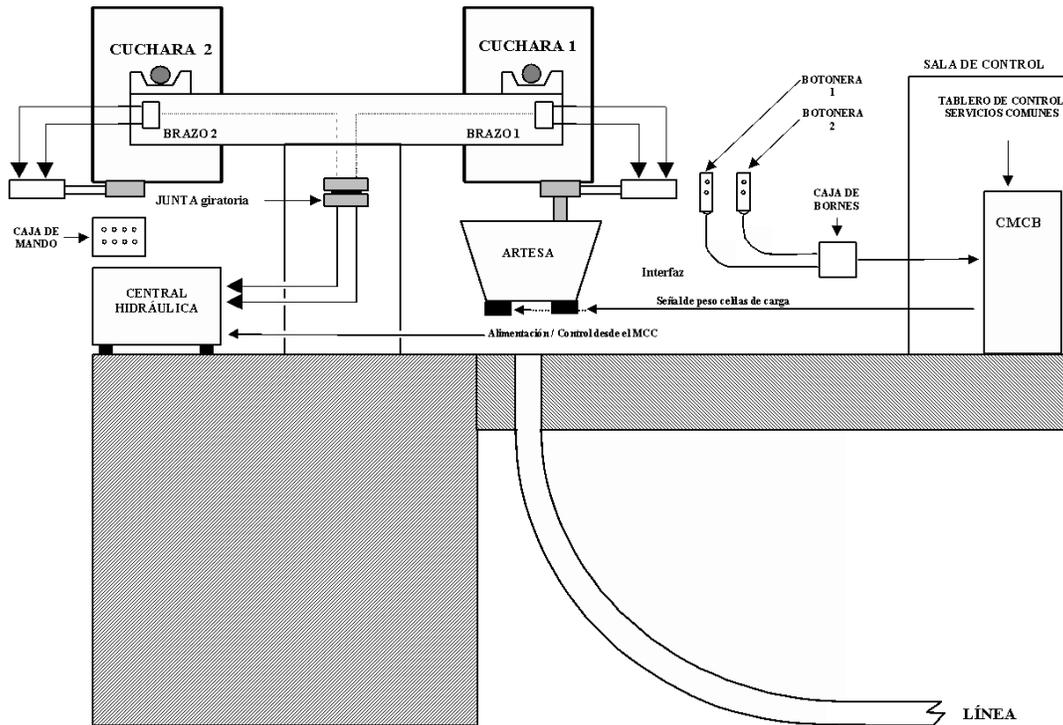


Ilustración 5. Vista general de las cucharas y posición de vaciado de acero líquido en la artesa
Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas.
Huachipato CAP Acero.

2.3.1. Manipulador de buzas Concast (CNM)

Ya que los bancos hidráulicos y de las válvulas son los mismos para el CNM (utilizado con coladas abiertas) y para la compuerta corredora de emergencia (utilizada con coladas cerradas y el mando de la barra tapón), la descripción funcional y la lista de materiales incluidas en este capítulo se aplican en los dos sistemas

2.3.2. Sistema del CNM

El manipulador de buzas Concast permite efectuar el cambio de la buza dosificadora sin interrumpir el proceso de colada utilizando una buza ciega, es posible cortar inmediatamente el chorro de acero que de la artesa va al molde en caso de pérdidas, reboses u otras condiciones de emergencia.

El manipulador de la buza se compone principalmente de un riel de guía para desplazar las buzas, un cilindro hidráulico y un conjunto de contenedores de buzas intercambiables.

Todas las partes están instaladas debajo de la artesa

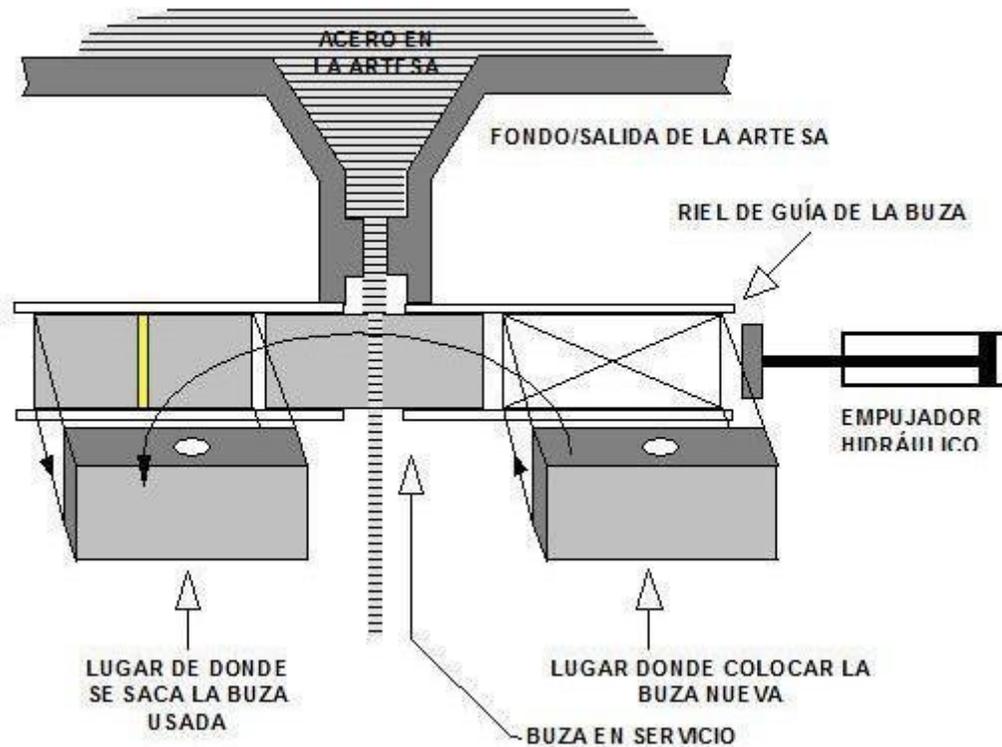


Ilustración 6. Sistema para movimiento de las buzas.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Cuando se acciona el cilindro hidráulico, este empuja la nueva buza hasta su posición y quita la buza en servicio. La primera buza se puede quitar desde la parte lateral del riel de guía, después de retraer la barra tapón, una segunda buza se puede colocar delante de la barra tapón en el lado opuesto del riel de guía.

El manipulador de la buza se puede utilizar para realizar las siguientes operaciones:

- Interrupción manual o automática del chorro de acero en caso de problemas de colada graves.
- Sustitución manual del contenedor de la buza con uno nuevo cuando el operador considere necesario.

2.4. Compuerta corredera de emergencia de la artesa

La función de la compuerta corredera de emergencia es cortar y desviar el chorro de acero en la buza de la artesa en caso de emergencia. La compuerta corredera se utiliza solo con el mando de la barra tapón. Cada línea está dotada de una compuerta corredera de emergencia instalada en la artesa. Esta es accionada por medio de un cilindro hidráulico montado en el carro y es alimentada desde la central hidráulica principal por medio del acumulador y del bloque de válvulas instalados en el carro portaartesa.

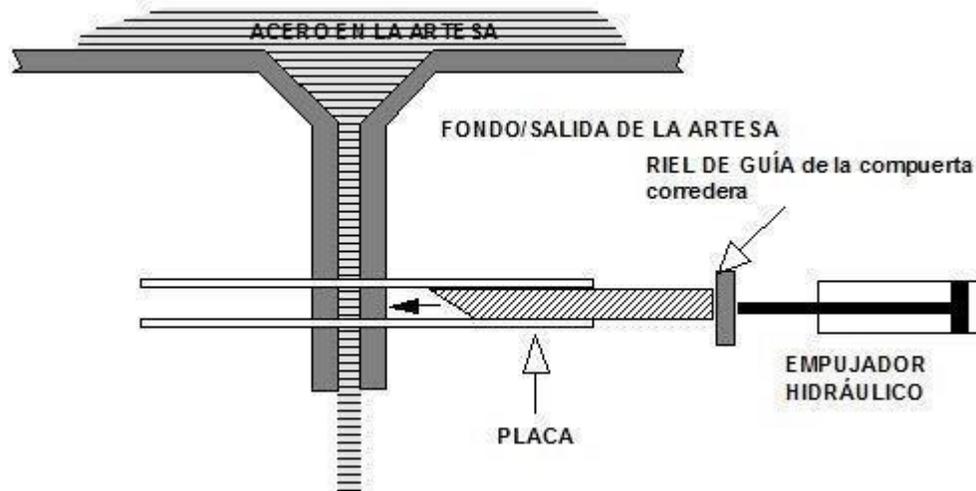


Ilustración 7. Accionamiento para el cierre de emergencia de la artesa.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Las compuertas correderas de emergencia son activadas desde la unidad de control de la barra tapón. El movimiento de cierre se activa apretando el pulsador en el MOP o automáticamente por medio del PLC de la barra tapón. Después de accionar la compuerta corredera, el tubo de colada se romperá y se cerrará la barra tapón.

2.5. Plataforma Porta Molde con Sistema de Prueba Presión

La plataforma porta molde volteable motorizada está dotada de un sistema para probar presión durante la inspección, mantenimiento y reparación de los moldes.

La plataforma está constituida por una estructura de acero soldada equipada con un motorreductor con freno, el cual está incorporada para girar el molde posicionado sobre la plataforma. Provee una caja de mano local que acciona directamente el motorreductor. La plataforma se puede considerar como una unidad autónoma sin interconexiones con el proceso de colada continua.

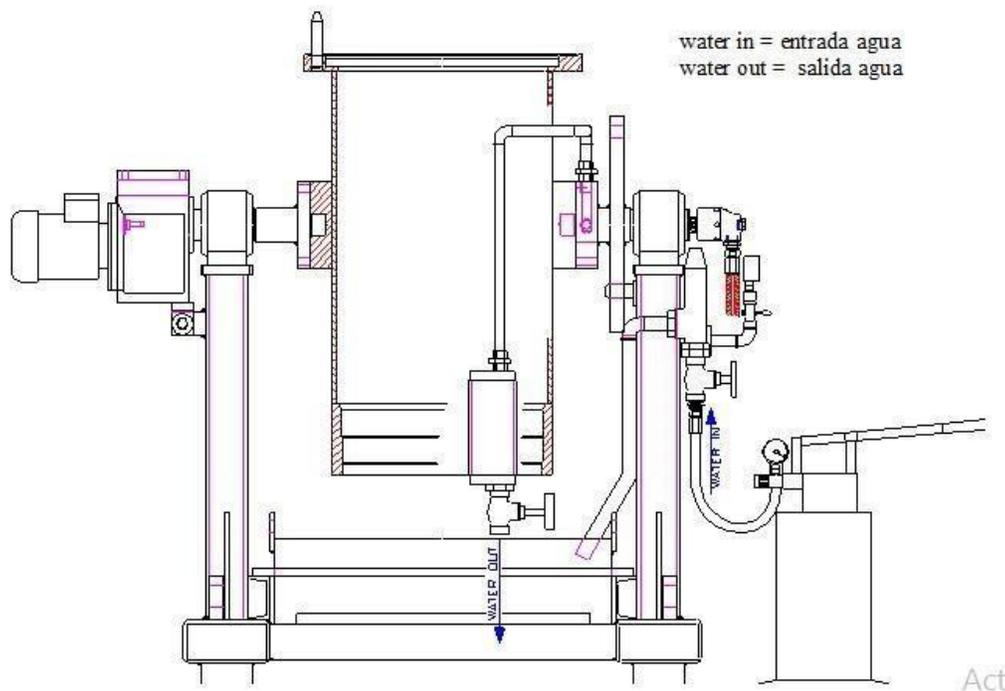


Ilustración 8. Sistema de prueba de presión.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.6. Oscilación del Molde

El molde está constituido por un tubo de cobre que en su interior está equipado con una camisa de agua especial y es instalado en la mesa oscilante. El molde absorbe el calor inicial del acero fundido, ya que este es vertido continuamente en el molde, formando así una piel extensa en la palanquilla colada.

Para garantizar un crecimiento uniforme de la piel de la barra, evitar que la piel se quede pegada al molde y garantizar una buena calidad superficial, el molde realiza un movimiento oscilatorio “arriba y abajo” por acción de la mesa oscilante. El movimiento corresponde geoméricamente a la curvatura del radio de la máquina de colada y se puede regular su carrera y frecuencia. La carrera puede ser ajustada regulando mecánicamente el rodamiento excéntrico del accionamiento del movimiento oscilatorio y la frecuencia es controlada por un motor de velocidad variable.

Además de esto, la frecuencia de la oscilación del molde es controlada proporcionalmente a la velocidad de colada actual de la línea y en relación con los parámetros metalúrgicos predeterminados.

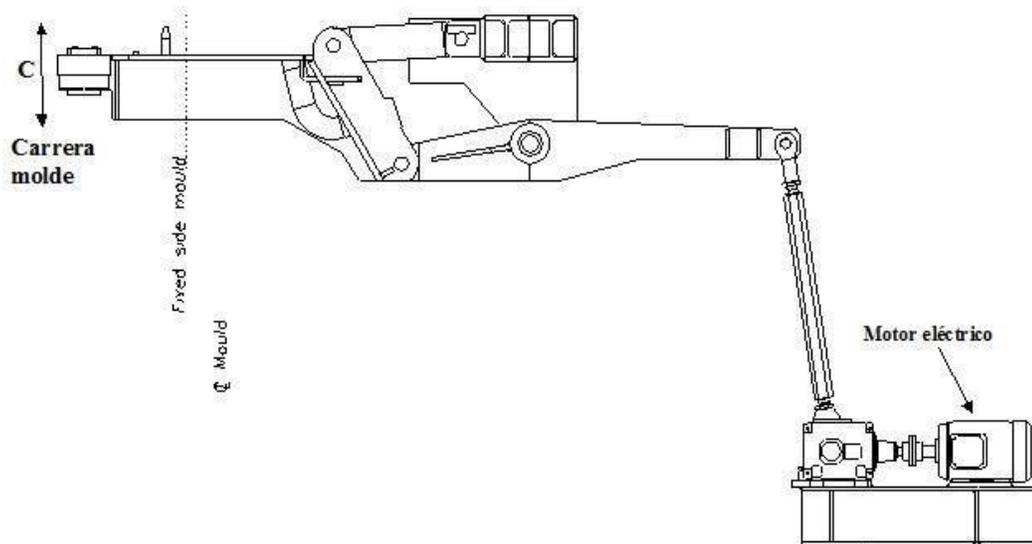


Ilustración 9. Componentes para efectuar la oscilación en el molde.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.7. Medición de nivel en el molde

La función del sistema de medición del nivel en el molde es medir el nivel de acero actual en la parte superior del molde y mandar esta información al PLC de control.

El PLC utiliza las señales que se le envían para controlar la velocidad de colada y mantener el nivel de acero predefinido en el molde. Se pueden hacer análisis de las variaciones de nivel en el molde para generar alarmas y registrar las variaciones de nivel que pueden originar defectos superficiales.

Teoría del funcionamiento

El equipo de medición del nivel en el molde comprende:

- Una fuente radioactiva
- Un material de absorción variable (el acero líquido en el molde)
- Un detector de radiaciones
- Un procesador de señales y una interfaz para el operador.

La fuente es instalada en una carcasa de acero protectora revestida de plomo y puede ser activada y desactivada por medio de un mecanismo de obturador. La fuente, llamada "Fuente lápiz" es una barra larga y fina de Co60 (isotopo radioactivo de cobalto), Irradia partículas gamma a una velocidad relativamente estable a través de la ventanilla del alojamiento protector y el haz de radiaciones resultante es dirigido a través del molde al detector.

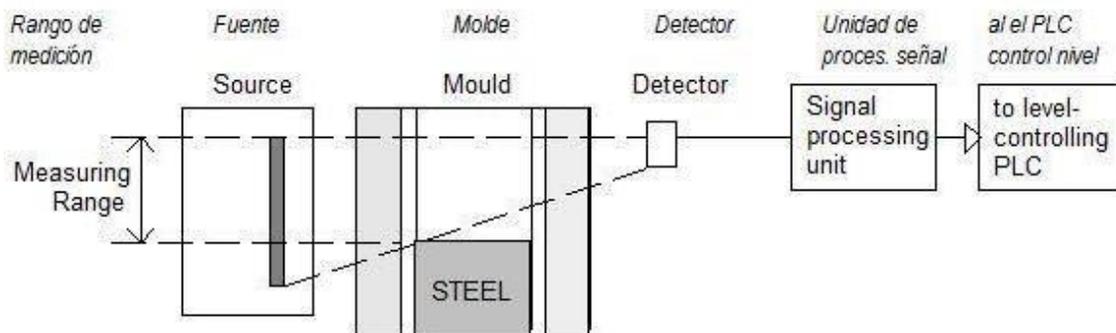


Ilustración 10. Diagrama en bloques de medición de nivel en el molde

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

La resistencia y forma geométrica de la fuente han sido seleccionadas de manera sean adecuadas para el campo de secciones coladas y a la longitud de la ventana de medición requerida.

La longitud de la “fuente lápiz” relacionada al detector y a la sección del molde determina el campo en milímetros en el cual se puede detectar y medir el nivel del acero líquido. El coeficiente de atenuación del acero también debe ser tenido en cuenta. Cuando las partículas gamma atraviesan el acero, pierden energía a una velocidad proporcional al cuadrado de la profundidad de penetración.

Por consiguiente, cualquier cambio de sección del acero por donde tienen que pasar las partículas gamma afecta al número de partículas que serán detectadas (debido a la mayor atenuación de las partículas con el espesor de acero) y, por tanto, al nivel de acero calculado.

Conociendo la forma geométrica de los dispositivos de detección, las propiedades de la fuente, el coeficiente de atenuación del acero, y las características del detector se puede calcular el nivel de acero líquido en el molde como función del número de partículas gamma recibido en un determinado tiempo. Esto es convertido en una medida a partir en un tiempo determinado (configurado durante la calibración) por el procesador encargado de medir el nivel y es transmitido en forma de señal analógica al controlador del nivel del molde.

2.8. Control de la Barra Tapón de la Artesa

El sistema CONCAST que controla la barra tapón de la artesa es un sistema autónomo con tareas generales para controlar el nivel de acero en el molde. Esto puede hacerse controlando la velocidad en el caso de colada abierta o controlando la barra tapón en el caso de colada cerrada. Todas las funciones están contenidas en un sistema eléctrico con pantalla y teclado separados para visualizarlas. En el piso de colada, hay elementos operativos, como interruptores, pulsadores e indicadores, en el Panel Colgante Operador Molde (MOP). Se puede controlar la barra tapón directa y localmente gracias a un potenciómetro portátil. La barra tapón es accionada por medio de un servomotor electromecánico rápido. El sistema de control de la barra tapón está constituido por los elementos siguientes:

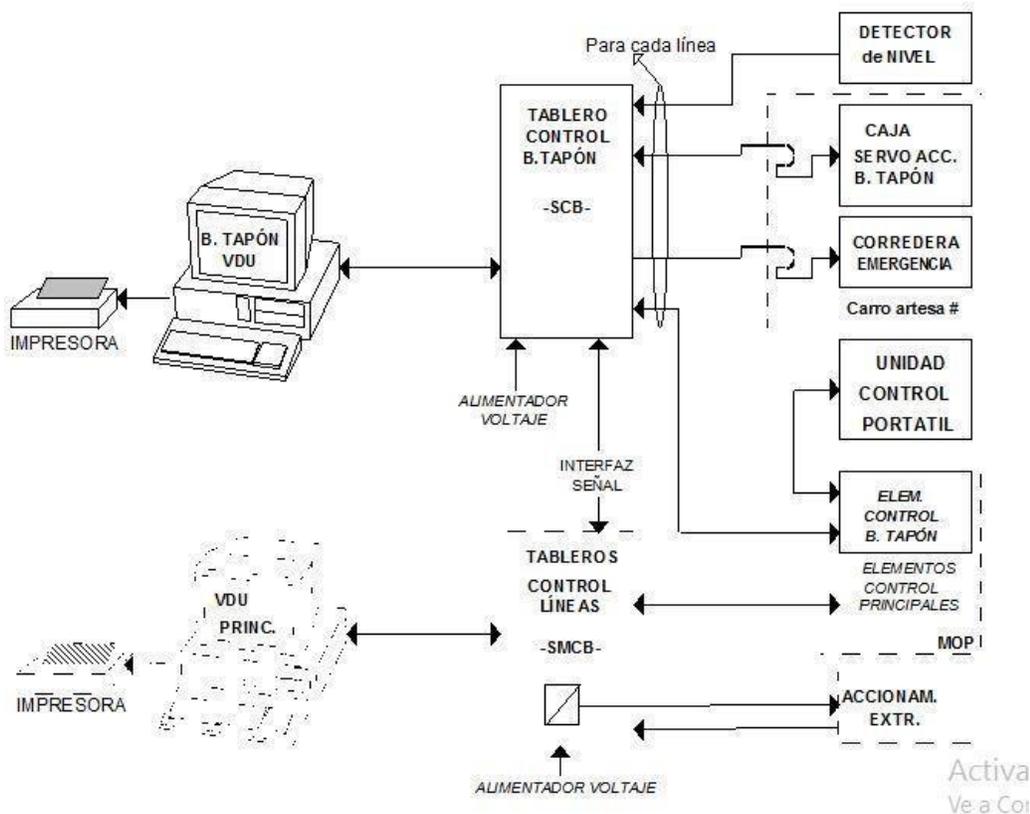


Ilustración 11. Sistema de control de la barra Tapón.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Cuando el selector del modo de colada esté en la posición “barra falsa”, los pulsadores “MAN” y “AUTO” serán usados para mover la barra falsa ARRIBA o ABAJO con la velocidad predeterminada.

El PLC de la BARRA TAPÓN enviará las señales “B.F. ABAJO” o “B.F. ARRIBA” cuando uno de los dos pulsadores de la HCB esté pulsado, pero a condición que la señal de “Colada” no se haya recibido

El layout eléctrico para esta función será el siguiente:

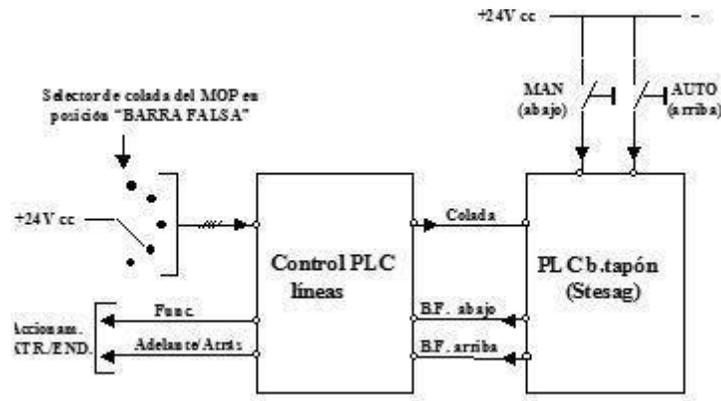


Ilustración 12. Layout eléctrico de posicionamiento de barra falsa.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.9. Extractor de vapor

Las líneas de colada que pasan por la cámara de enfriamiento son enfriadas por medio de un sistema de agua de enfriamiento abierto secundario. La gran cantidad de vapor generada es succionada por 2 extractores instalados simétricamente en las paredes laterales de la cámara de enfriamiento.

Se utiliza un motor C.A. para accionar el ventilador montado dentro del extractor por medio de poleas y correas.

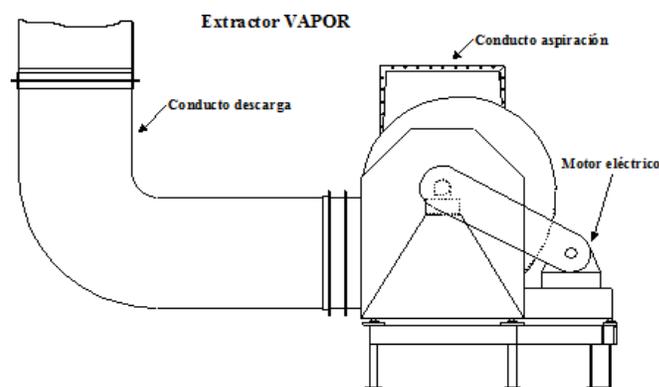


Ilustración 13. Extractor de vapor.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.10. Sistema de agitación del Molde

En las máquinas de colada continua se utilizan sistemas de agitación electromagnéticos para mejorar la calidad de la barra colada, reproducibilidad, rendimiento, flexibilidad de la producción y productividad. El agitador del molde es instalado alrededor de la línea en la cámara de enfriamiento. El agitador es un sistema autónomo constituido por una estructura de alojamiento para el agitador en cada línea, cajas de bornes para los cables de potencia, interruptores de seguridad, una unidad de convertidores de frecuencia y un sistema de agua de enfriamiento.

El convertidor de frecuencia está realizado con componentes de alta tecnología, transistores IGBT y está controlado por un microprocesador. Está diseñado para ser eficiente, fiable y fácilmente manejable. El principio de accionamientos múltiples compactos consigue ahorrar bastante espacio. Se suministra un inversor alimentado desde un rectificador común, lo cual hace de ésta una unidad muy compacta. El panel de control es una unidad pequeña sin alojamiento propio, montada en la puerta frontal del tablero de control. Su funcionamiento se hace por medio de teclas funcionales y dispone de un pequeño display donde se puede visualizar determinada información.

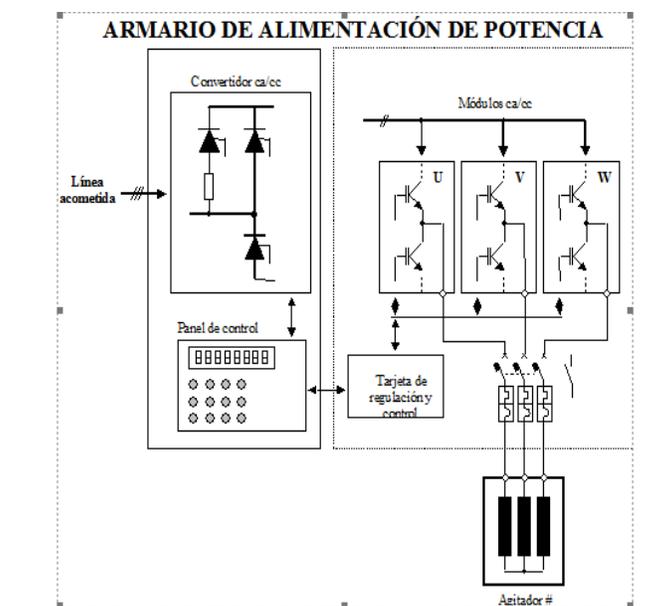


Ilustración 14. Sistema de alimentación de potencia para la agitación del molde.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.11. Sistema de agua de enfriamiento

El sistema de agua de enfriamiento es un sistema autónomo, descrito en el capítulo que trata la planta de tratamiento de aguas. Normalmente esta unidad funcionará en modo de control automático y sólo debe ser desactivada durante las operaciones de mantenimiento. El sistema debe funcionar constantemente para mantener intacta la calidad del agua.

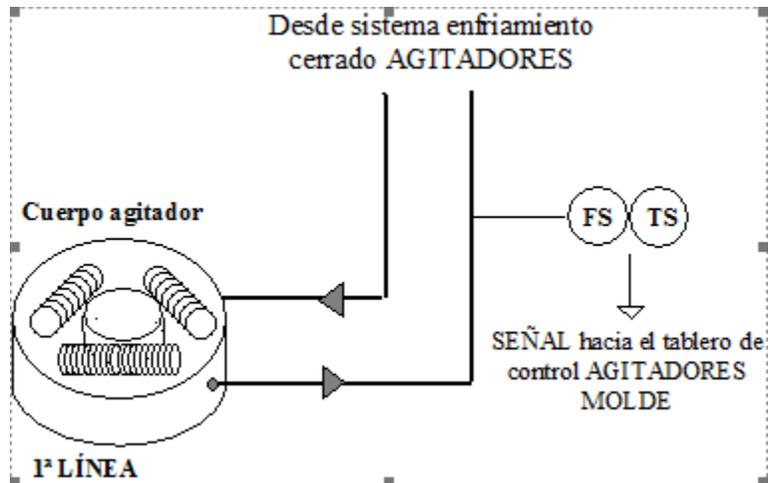


Ilustración 15. Sistema de enfriamiento en agitadores

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

En la tubería de salida del agua de enfriamiento de cada bobina del agitador hay un detector instalado, integrado con un interruptor de flujo y temperatura. Este detector es conectado directamente al tablero de control de los agitadores y es utilizado para desactivar el inversor en caso de que se detecte “Bajo flujo de agua” o “alta temperatura agua”.

2.12. Extractora y Enderezadora

La extractora y enderezadora constituyen dos secciones. La primera es la extractora, la más cercana a la cámara de enfriamiento, y la segunda es la enderezadora, situada antes del camino de rodillos intermedio.

La sección de extracción es utilizada para introducir o sacar la barra falsa rígida y sacar la barra colada. La extractora está dotada de dos rodillos superiores y tres inferiores. Tiene también dos rodillos de arrastre accionados por los motores c.a. M1 y M2. El motor M1 de los rodillos de extracción superiores está provisto de un freno de retención incorporado, para sujetar la barra falsa rígida cuando es introducida de nuevo en la línea.

El rodillo superior de la enderezadora está dotado de un codificador, instalado en la camisa enfriada para evitar el calor proveniente de la radiación de las palanquillas, el cual es utilizado por el sistema de “control longitud palanquillas”.

Los rodillos superiores de la extractora y enderezadora pueden ser levantados y bajados y por eso se les llama brazos actuadores.

Los brazos actuadores son controladas hidráulicamente en sus posiciones arriba/abajo. La velocidad de los motores c.a. aplicada a los rodillos de la extractora es controlada por convertidores de frecuencia.

Los diversos elementos de control del accionamiento de la extractora son habilitados dependiendo de la posición del selector de colada situado en el panel colgante operador molde (MOP) del piso de colada. Los elementos que controlan el accionamiento de la extractora se encuentran en el MOP, en el pupitre de mando principal (MCD) de la sala de control, en la caja de mando manual (HCB) del piso de colada y en el panel colgante de control entrada barra falsa (DBRCP) situado cerca de los accionamientos de la extractora.

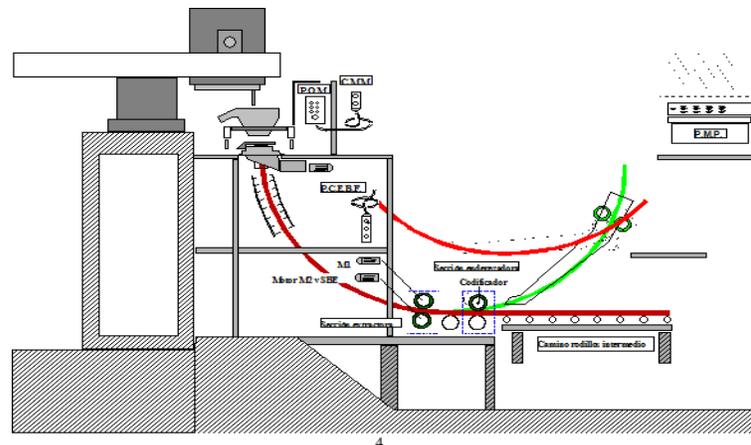


Ilustración 16. Posiciones que adopta la enderezadora y extractora.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.13. Sistema de medición de la longitud de las palanquillas

El sistema de medición de la longitud se utiliza para cortar palanquillas con una longitud específica. Esta función se realiza por medio de un codificador (encoder) instalado en el rodillo loco de la extractora/enderezadora durante la colada corriente y con un codificador (encoder) montado en el rodillo de arrastre de despunte en la parte final de la colada. Las señales de salida procedentes del codificador incrementan la tarjeta de un contador rápido en el PLC. El valor del contador puede ser graduado y utilizado para todas las operaciones de recuento deseadas.

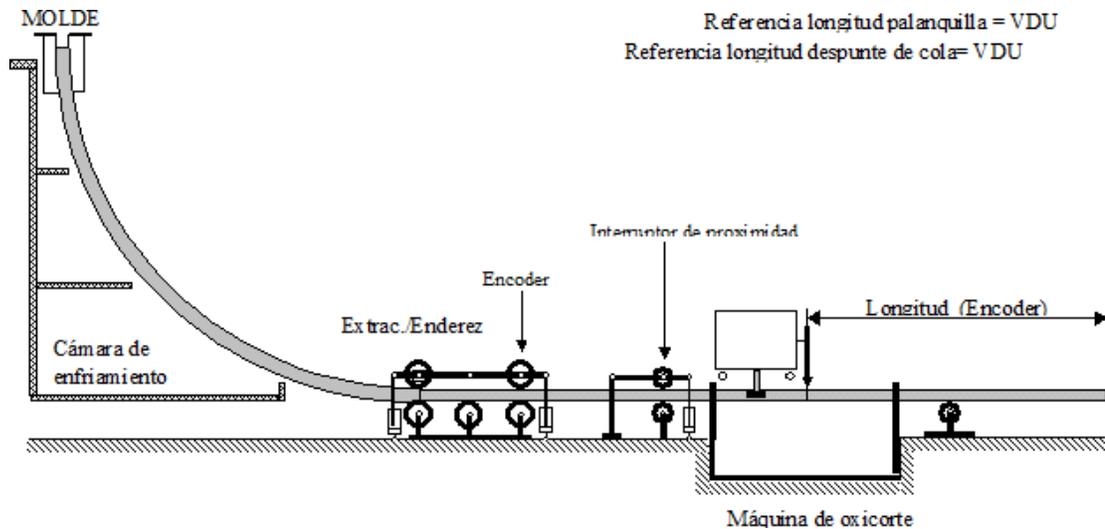


Ilustración 17. Posicionamiento del codificador encoder para medición de longitud de la palanquilla.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.14. Optimización final de la colada

Al término de una colada completa, cuando se cierra la compuerta corredera de la cuchara, el acero que queda en la artesa debe ser procesado lo más rápidamente posible para obtener la cantidad máxima de palanquillas de longitud correcta (más la longitud de despunte de cola).

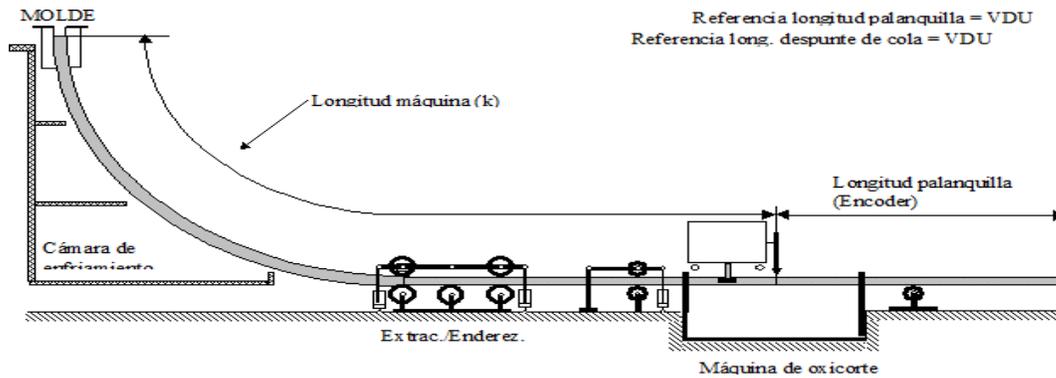


Ilustración 18. Esquema de optimización de la colada.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.15. Máquina de oxicorte

El corte de la barra caliente en palanquillas con una longitud comprendida entre 3,6 y 16 m se efectúa con una máquina de oxicorte (TCM).

La operación de oxicorte puede ser activada manual o automáticamente por una señal procedente del sistema de medición de longitud (cuando la longitud de la barra caliente delante de la máquina de oxicorte es igual al valor de referencia de corte) o apretando el pulsador "CORTE".

El movimiento hacia adelante, a la velocidad de colada, se consigue cuando el cilindro neumático acciona los brazos de sujeción. Un motor C.A. con convertidor de frecuencia alimenta el soplete en dirección lateral. El posicionamiento transversal del soplete de corte es efectuado por medio de un potenciómetro lineal. Después del completamiento del corte, un motor C.A. y un embrague de piñones electromagnético accionado automáticamente desplaza el soplete de corte hasta su posición inicial.

Al término de la colada, cuando el último trozo de barra sale del rodillo de arrastre, es posible transferir el último trozo al camino de rodillos de descarga sujetando la máquina de oxicorte al trozo y desplazándola hacia adelante con el mecanismo de accionamiento de la misma.

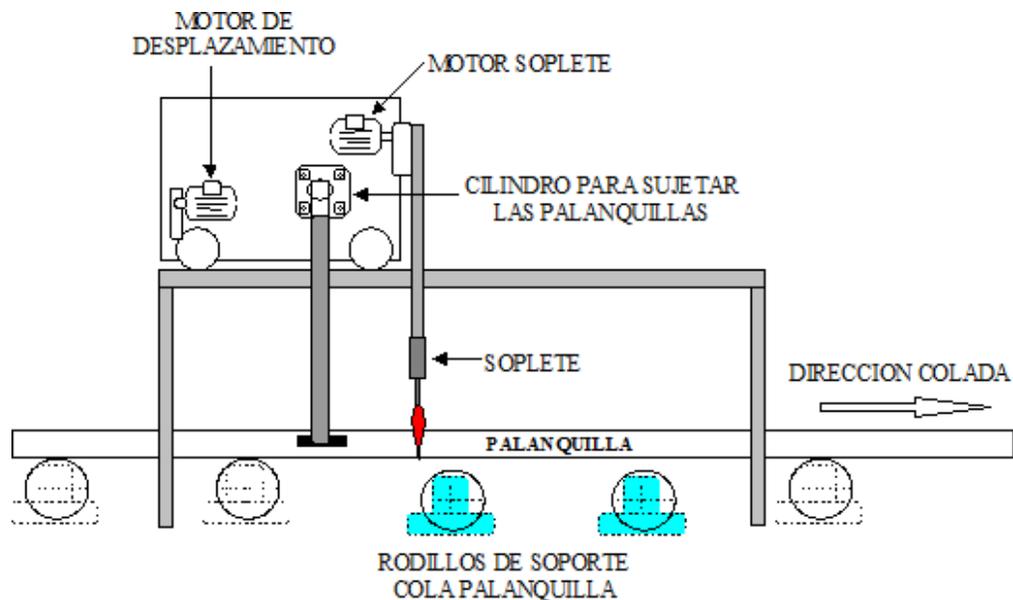


Ilustración 19. Sistema de oxicorte aplicado en la palanquilla.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Antes de empezar a colar, se debe encender el gas de la llama piloto y los sopletes (éstos manualmente). Cuando se inicia la operación de corte con soplete, la mordaza de la máquina se cierra, y el carro portasoplete se desplaza hacia adelante a la velocidad de colada y el soplete es precalentado en el borde de la palanquilla (válvulas del gas y del oxígeno de precalentamiento abiertas).

Después de un intervalo predefinido, el flujo de oxígeno de corte empieza a salir y el soplete se desplaza lateralmente, perpendicularmente a la palanquilla. La velocidad se regula con un potenciómetro instalado en el pupitre de mando del soplete de corte (TCCD).

Cuando el carro está llegando al final del recorrido, se desactivan las válvulas del gas y del oxígeno de corte y el soplete regresa a la condición de piloto.

Cuando el soplete alcanza la posición máxima hacia adelante, la mordaza se abre y la máquina de oxicorte regresa a su posición inicial por medio del motor de accionamiento del carro portasoplete.

Un interruptor de fin de carrera instalado entre la posición máxima hacia adelante y los interruptores de fin de carrera de la posición inicial controlan el rodillo móvil (rodillo hacia adelante a fin de impedir el corte cuando el soplete se encuentre sobre el mismo).

2.16. Camino de rodillos de descarga – Rodillos comunes

El camino de rodillos de descarga en el área de transferencia lateral desplaza las palanquillas desde la máquina de oxicorte hasta el área de transferencia lateral a una velocidad de unos 30 m/min. El camino de rodillos es denominado RT1 y está compuesto por dos secciones de rodillos accionados por un motorreductor:

- RT-1/a constituido por 3 rodillos comunes accionados
- RT-1/b constituido por 5 rodillos comunes accionados

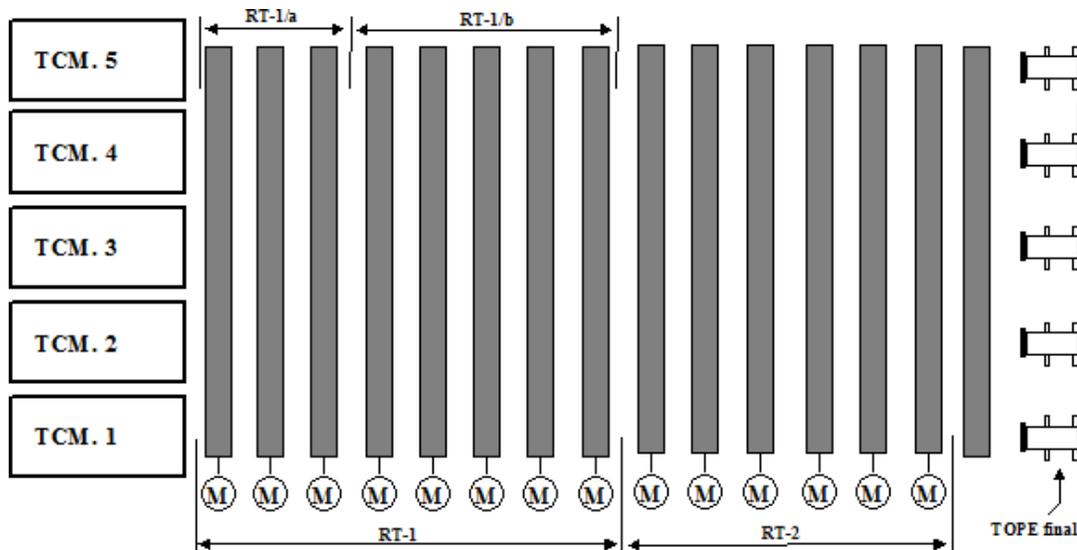


Ilustración 20. Camino de rodillos de descarga.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.17. Tope final

El tope final se utiliza para controlar las palanquillas en el área de transferencia lateral durante toda la operación. La palanquilla es detectada por medio de una placa de contacto excitada, conectada a la puesta a tierra a través de la palanquilla. Ésta es desacoplada por medio de un relé y el PLC registra que una palanquilla ha chocado contra el tope final.

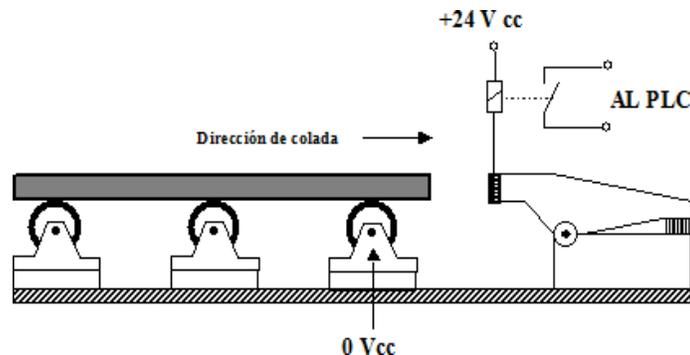


Ilustración 21. Tope final de la palanquilla.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

2.18. Levantador de Palanquillas

En el área de transferencia lateral, cada línea está equipada con un dispositivo hidráulico para desplazar las palanquillas. Este dispositivo levanta la palanquilla que ha alcanzado el tope final fijo y la transfiere a la posición intermedia donde la palanquilla es impresa por la marcadora.

Luego el dispositivo desplaza la palanquilla hasta la mesa empujadora de transferencia lateral de cuya ubicación la palanquilla puede ser empujada hasta el camino de rodillos de empaque.

El levantador de palanquillas es accionado por un cilindro hidráulico el cual puede ser controlado por medio de una electroválvula en tres (3) posiciones: BAJA – INTERMEDIA – ALTA. El control del dispositivo puede efectuarse manualmente desde el pupitre de mando de descarga o automáticamente por el PLC.

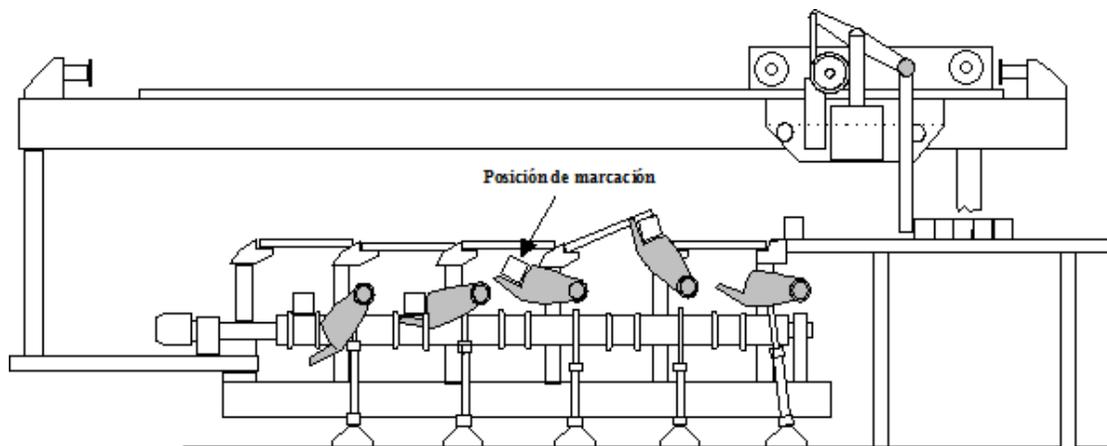


Ilustración 22. Levantador de palanquillas.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Las tres posiciones principales de los desplazadores son supervisadas por un transductor instalado en un soporte mecánico conectado al eje del levantador por medio de una cadena. De esta manera es posible definir las posiciones del levantador.



2.19. Mesa de enfriamiento de tipo de arrastre

La mesa de enfriamiento recibe las palanquillas procedentes de la mesa de enfriamiento giratoria y las almacena de forma ordenada en condiciones de enfriamiento controladas. Luego las palanquillas son trasladadas al “Camino de rodillos de traslado palanquillas”.

La mesa de enfriamiento de arrastre desplaza y separa las palanquillas por medio de un sistema de empuje accionado hidráulicamente provisto de dientes de guía (dedos) que permite formar grupos de tres palanquillas en el espacio entre los dientes.

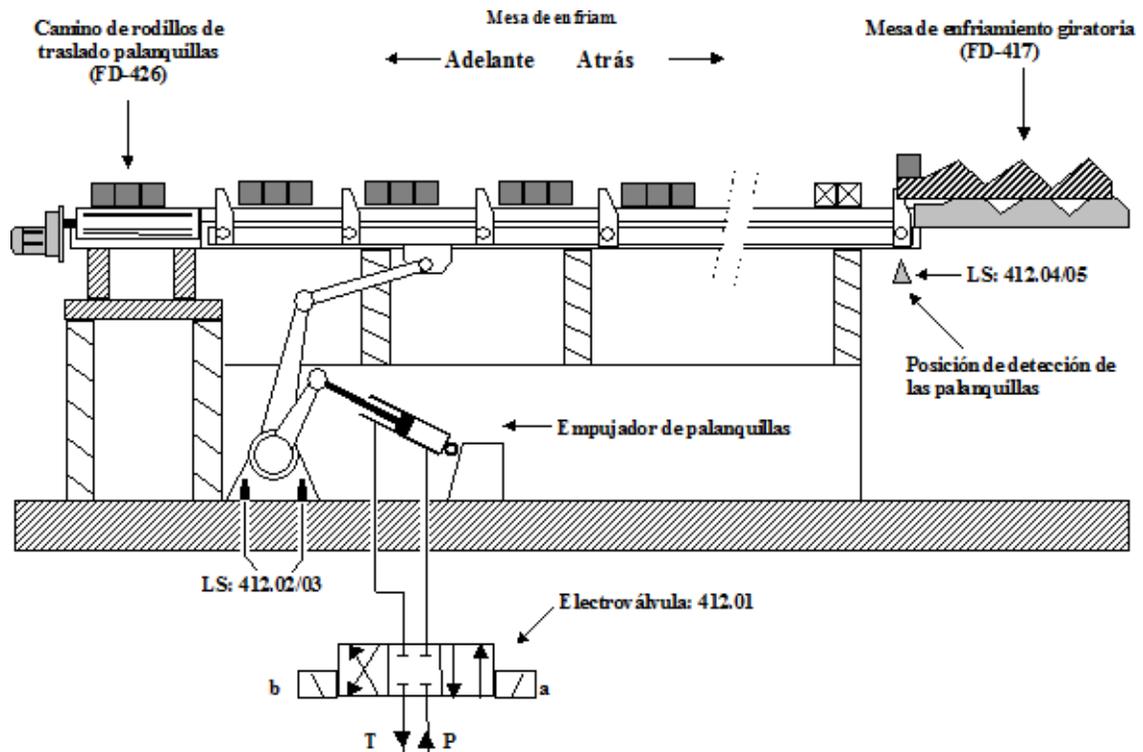


Ilustración 23. Esquema de mesa de enfriamiento del tipo arrastre.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

En la carrera hacia adelante los dientes se mantienen rígidos y empujan las palanquillas manteniéndolas en posición a lo largo de la mesa de enfriamiento. En la carrera hacia atrás los dedos giran por debajo de la palanquilla y regresan libremente al principio de la carrera. En este momento otro grupo de palanquillas está delante de los dedos, los cuales están listos para repetir el ciclo.

Durante el funcionamiento corriente y cuando la operación de descarga se efectúa automáticamente, la mesa de enfriamiento empieza un nuevo ciclo cada vez que un nuevo grupo de palanquillas es colocado en la primera posición mediante un sistema elevador de las palanquillas. La palanquilla es detectada por una célula fotoeléctrica de barrera luminosa. Cuando las palanquillas llegan a la posición final de la mesa de enfriamiento deben ser quitadas manualmente.

2.20. Mesa de enfriamiento de empuje

La mesa de enfriamiento recibe las palanquillas procedentes del transferidor y las almacena de forma ordenada en condiciones de enfriamiento controladas.

La mesa de enfriamiento de empuje desplaza las palanquillas por medio de un sistema de empuje accionado hidráulicamente. Una secuencia inicia cada vez que la lógica del PLC detecta un grupo de palanquillas, como descrito en el “Ciclo automático”.

Si un grupo de palanquillas es empujado hasta un banco de almacenamiento completamente lleno, se activa una alarma y la palanquilla que está en el otro lado se cae al suelo.

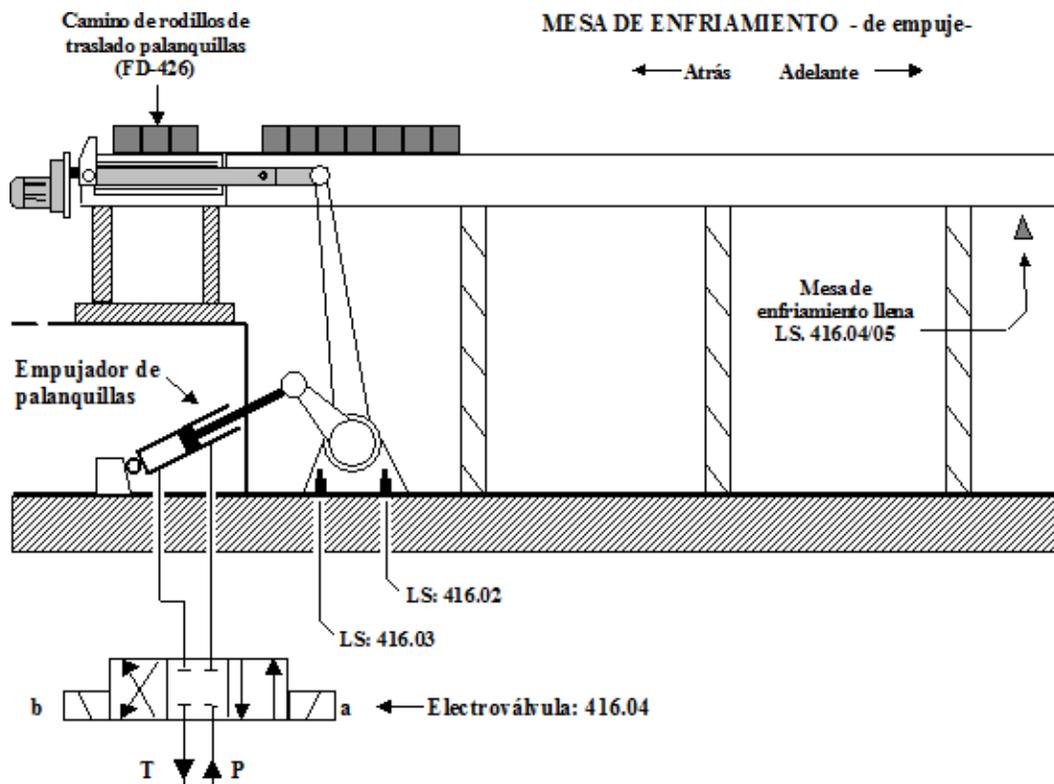


Ilustración 24. Esquema para empuje de palanquillas.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Dos cilindros hidráulicos empujan las palanquillas hacia adelante. Ambos cilindros son controlados por la misma electroválvula hidráulica.

2.21. Mesa de enfriamiento giratoria

La mesa de enfriamiento giratoria tiene la función de transferir las palanquillas procedentes del camino de rodillos de carga en caliente hasta la mesa de enfriamiento de arrastre, asegurando un enfriamiento uniforme de las mismas durante el transporte. Esto se obtiene transportando la palanquilla individualmente por medio de un sistema de dos vigas móviles (con movimiento horizontal y vertical). La mesa de enfriamiento está dividida en dos secciones, TOCB-1 y TOCB-2.

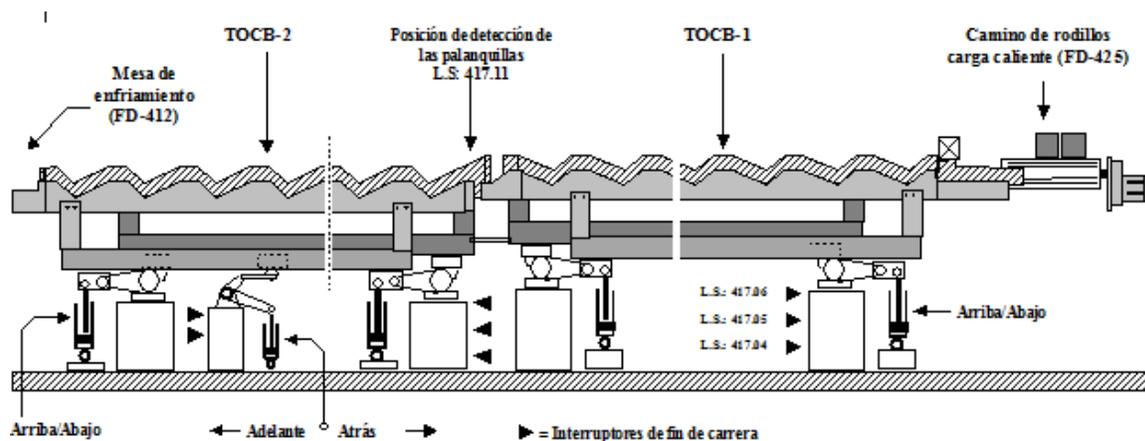


Ilustración 25. Transferencia de palanquillas desde rodillos de carga hasta la mesa de enfriamiento.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

El movimiento horizontal de las vigas móviles es realizado por medio de cilindros hidráulicos y es común para las dos secciones TOCB-1 y TOCB-2.

El movimiento vertical es realizado también por medio de cilindros hidráulicos pero es realizado por dos sistemas separados, uno por para cada TOCB. El movimiento hacia ARRIBA se efectúa a velocidad fija, mientras el movimiento hacia ABAJO se consigue mediante un sistema de “frenado” que puede ser controlado por medio de dos electroválvulas para obtener el funcionamiento correcto.

Cuando las palanquillas llegan a la parte final de la TOCB-2 son empujadas sobre la mesa de enfriamiento de arrastre mientras la viga horizontal se mueve hacia adelante. El ciclo de la mesa de enfriamiento giratoria es el siguiente:

- La viga vertical está en posición ALTA y la viga horizontal está en posición atrás cuando las palanquillas son empujadas fuera del camino de rodillos.
- La viga vertical desplaza las palanquillas a la posición BAJA.
- La viga horizontal desplaza las palanquillas hacia adelante.
- La viga vertical desplaza las palanquillas a la posición ALTA de manera que la viga puede moverse de atrás a la posición inicial

2.22. Camino de rodillos de traslado de planquillas

El camino de rodillos de traslado planquillas está compuesto por una estructura de acero donde los rodillos motorizados individuales transfieren los grupos de planquillas desde la mesa de enfriamiento de arrastre hasta la mesa de enfriamiento de empuje.

El camino de rodillos común está dividido en cuatro secciones, cada una controlada manualmente. La siguiente figura muestra las secciones y los dispositivos instalados en el camino:

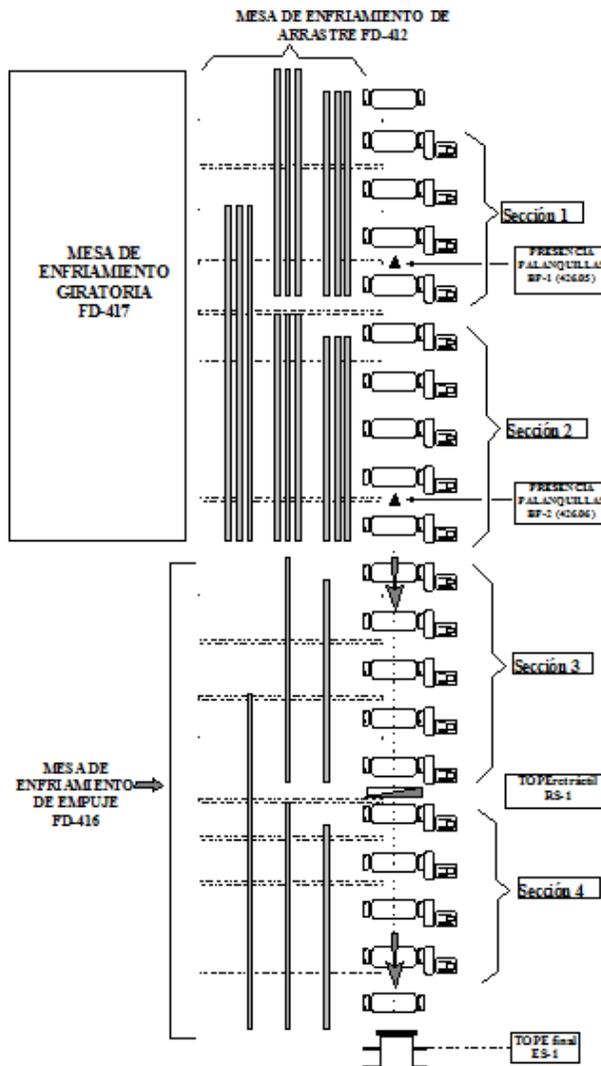


Ilustración 26. Camino de rodillos de traslado planquillas.

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de planquillas. Huachipato CAP Acero.

2.23. Medición de la temperatura del acero

El sistema de inmersión de termopar Contitherm proporciona a la máquina de colada de acero una medición continua y precisa de la temperatura del acero en la artesa. Esto proporciona una serie de ventajas para el acerero. Los cambios adversos de temperatura, especialmente en el inicio y final del ciclo en cuchara, son detectados inmediatamente. Dado el valor de temperatura, la velocidad óptima de colada se determina de manera que la calidad de la palanquilla sea suficiente y que la posibilidad de “Rotura” o “Enfriamiento” sea reducida.

El sensor es una construcción única compuesta por un termopar de rodio-platino para medir con precisión la temperatura y una envoltura exterior de Grafito Alúmina que sirve de protección contra al acero líquido y la escoria. La vida del sensor depende de las condiciones de colada, pero puede llegar hasta las 24 horas en la artesa.

Con el objetivo de conseguir la temperatura continua del acero en la Artesa, se instala en cada carro portaartesa una sonda Contitherm con su caja de conexiones correspondiente, mientras que la caja del instrumento de medición (que incluye un display local) está montada en el piso de colada cerca de la “posición de colada”

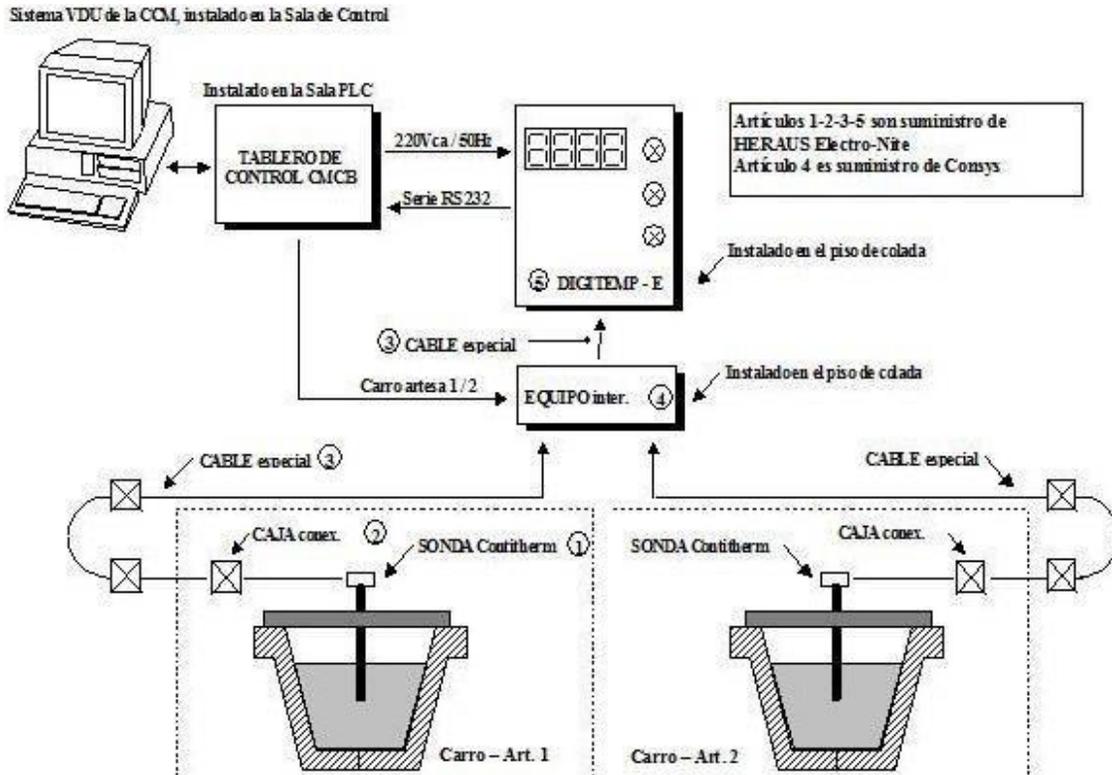


Ilustración 27. Sistema para la medición de temperatura del acero

Fuente: Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

La unidad del microprocesador central (Digitemp E) del equipo garantiza un análisis óptimo de las tensiones térmicas convertidas. El valor de temperatura calculado es almacenado y visualizado en el sistema de la vdu, instalado en la sala de control.



2.24. Central hidráulica

La central hidráulica central proporciona la potencia hidráulica (aceite) a la presión y flujo correctos para las siguientes válvulas bloqueadores:

- Brazo actuador extractor
- Brazo actuador enderezador
- Extractora auxiliar WD
- Dispositivo volcador de barra falsa
- Rodillo móvil TCM
- Levantadores de palanquillas
- Pesaje de palanquillas defectuosas
- Mesa de recogida de palanquillas defectuosas.

Se dispone un acumulador para suministrar presión de emergencia al brazo actuador extractor, para mantener la barra falsa / barra caliente en caso de una avería completa de la central o de falta de alimentación.

2.25. Cabina hidráulica de descarga

La central hidráulica de descarga proporciona la potencia hidráulica (aceite) a la presión y flujo correctos para las siguientes válvulas bloqueadoras:

- Mesa de enfriamiento giratoria TOCB
- Empujadores de palanquillas
- Mesa de enfriamiento de tipo arrastre
- Mesa de enfriamiento de tipo empujador
- Separador de palanquillas
- Topes retráctiles

2.26. Partes hidráulicas de la torre giracuchara

Las partes hidráulicas de la mesa giratoria de la cuchara alimentan hidráulicamente la torre de la cuchara y el CNM (manipulador de buzas Concast) para subir/bajar la cuchara, cambiar la buza y para volcar la artesa. La central hidráulica está situada en base de la torre de la cuchara. Por medio de un distribuidor rotatorio hidráulico el aceite llega a los cilindros de levantamiento de la torre cuchara.

2.27. Sistema de enfriamiento del molde

El sistema de enfriamiento del molde o sistema de enfriamiento primario tiene la función de absorber el calor que transmite el acero líquido al tubo de cobre del molde durante la colada. El sistema de enfriamiento está constituido por un circuito cerrado de agua tratada.

2.28. Sistema de enfriamiento secundario

El sistema de enfriamiento secundario (sistema de enfriamiento por rociado) enfría la barra cuando sale del molde y avanza por la deslizadera de rodillos. El agua de rociado es alimentada por dos bombas reforzadoras (una en función y la otra en estado de espera) y es limpiada por un filtro, dotadas de una caja de mando local (drenaje automático). Después el agua de enfriamiento es recogida y devuelta a la planta de tratamiento de aguas para tratarla antes de usarla de nuevo. El sistema está constituido por 3 sectores controlados por flujo en circuito cerrado: cada sector dispone de un control en circuito cerrado independiente con el fin de enfriar la línea de manera controlada (según la sección colada, la velocidad de colada y la calidad del producto que hay que colar) a medida que avanza por la máquina de colada.

2.29. Sistema de enfriamiento de las máquinas

El sistema de enfriamiento de las máquinas tiene la función de absorber el calor transmitido por las palanquillas a la estructura de acero de las máquinas (extractora/enderezadora, caminos de rodillos, mesa de enfriamiento, empujadores de palanquillas, etc.) durante la colada. El sistema de enfriamiento está constituido por un circuito cerrado de agua tratada, y forma parte de la Planta de Tratamiento de Aguas. Con el fin de controlar la cantidad correcta que deber circular por cada circuito, se ha instalado un interruptor de caudal en la tubería de salida.

2.30. Sistema de enfriamiento de emergencia

El sistema de enfriamiento de emergencia tiene la función de alimentar el agua a los moldes en caso de corte de corriente general o en caso de avería de las bombas de suministro principales (planta de tratamiento de aguas).

El sistema de alimentación del agua de emergencia está pensado como un servicio que se ofrece a la máquina de colada, el cual está completamente controlado por el PLC de automatización de la planta WTP. El control general de la planta WTP se encarga del suministro del agua de relleno y del monitoreo del sistema de agua de emergencia.

2.31. Gases de consumo

Normalmente se utilizan varios gases en la máquina de colada continua: propano, gas de horno de coque, oxígeno, argón, nitrógeno, aire comprimido. Cada uno de éstos se utiliza en partes diferentes de la planta y para usos diferentes.

Con el fin de medir el consumo de los gases anteriores y mantener controlado el suministro (y para controlar si hay algún desgaste en la red de alimentación) se instalan medidores de caudal especial antes de la red de alimentación.

Por medio de válvulas on-off accionadas neumáticamente, instaladas en la línea principal, se puede cerrar a distancia el suministro del gas correspondiente.

En el sistema de supervisión de la VDU hay una pantalla dedicada al monitoreo del consumo de los gases donde el operador puede abrir/cerrar la línea principal.

La señal de 4-20mA procedente de los medidores de caudal es proporcional al caudal instantáneo: el programa del PLC procesa las señales de entrada y calcula su integral con el fin de mostrar en pantalla los consumos totales.

2.32. Generador de potencias de emergencia

La distribución de potencia de 400 V para alimentar el MCC de la CCM, la WTP y la LTU se realiza por medio de un generador diesel de emergencia ubicado en la subestación de la CCM y WTP, y del tablero de distribución de emergencia.

Dos de los alimentadores citados arriba, instalados en el tablero n.511 están conectados a las barras colectoras del Centro de potencia (Power Centre) y a las barras colectoras del MCC de la LTU, a través de interruptores de acometida auxiliares.

Cuando se verifica un corte de potencia los interruptores de acometida principales del Centro de potencia y del MCC de la LTU se disparan como resultado del subvoltaje y, al mismo tiempo, el interruptor de acometida auxiliar se cierra, conectando la potencia de emergencia suministrada por el generador diesel.

Al reestablecerse la potencia principal, la potencia de emergencia se desconecta y los interruptores de acometida principales se reconectan, reanudando de esta manera la alimentación de potencia normal.

Un PLC pequeño, alojado en un panel de control de la subestación, conmutará los circuitos de alimentación de la potencia de emergencia por medio de interruptores motorizados y controlará el estado de la distribución eléctrica de los transformadores de potencia a la línea de acometida de los MCC.

Cuando se verifica un fallo de voltaje (señalado por un disparo de subvoltage en el Centro de potencia o en el MCC de la LTU), se envía una señal a los MCB de la CCM, al MCB de la WTP y al MCB de la LTU, y el funcionamiento de la planta es parado inmediatamente. El PLC correspondiente para todos los equipos para asegurar la condición de seguridad. Cuando la potencia de emergencia sea disponible, el PLC permitirá el funcionamiento de ciertos equipos anteriormente seleccionados.

El sistema UPS, que asegura una alimentación de potencia a los PLC para que puedan funcionar por 30 minutos, permite que el PLC y la MMI correspondiente mantengan las condiciones de la planta y el estado de las entradas/salidas.

Ya con la descripción del proceso presentada, se pasa a realizar el enfoque de la obsolescencia en los componentes de la red en el proceso, los cuales llevan a una transmisión de datos de manera lenta, y por la configuración de su topología de red se manifiestan problemas de colisiones, resultando así en problemáticas para el proceso, dichos problemas se hacen presentes en 3 subestaciones ya nombradas, las cuales son la estación de tratamiento de aguas (WTP), estación de diésel de emergencia (EDG) y estación de ajuste N°2 (LTU2). Cada subestación tiene sus elementos para las transmisiones de datos, que abarcan desde el PLC, acoplado con procesadores de comunicación y unidades centrales de procesamiento, hasta el envío de la información realizado por la conversión de medios, desde la CP que sale por medio de cable AUI (coaxial), pasando por una conversión de medios (transceptor) hasta el posterior envío de datos por medio de cable UTP (Ethernet). Estos elementos nombrados que son parte de la red actual en la empresa son los que presentan el interés para realizar la modernización esperada en este estudio. Por otra parte, el sistema de adquisición de datos actual SCADA (citect v5.0), se encuentra discontinuado en el mercado y para futuras necesidades la empresa necesita un cambio en este, por lo cual se hará un estudio para una posible migración de este. A su vez cabe mencionar que el sistema operativo utilizado es una versión de Windows NT la cual también está obsoleta y es necesario un cambio de ella.

2.33. Resumen del capítulo.

En este capítulo se ve de manera más profunda y detallada las distintas etapas del proceso, desde su inicio en la torre giracuchara para cargar con acero fundido las cucharas, hasta la finalización de la confección de las palanquillas para su posterior traslado a un patio de almacenado, pasando por cada etapa y subestaciones en detalle para tener una comprensión más completa de lo que se hará mejor con el estudio. También se menciona la obsolescencia en la estructura de la red de comunicaciones, sitio de interés en donde se hace enfoque la modernización, nombrando de manera específica la instrumentación vinculada a un posterior cambio.

CAPITULO 3

3. Resumen de la red

Como sabemos, la topología de red es el aspecto físico que forman los equipos y el cableado de los mismos. Se pueden encontrar sistemas industriales con las siguientes topologías:

- Punto a Punto
- Bus
- Árbol
- Anillo
- Estrella

Actualmente, la compañía siderúrgica de Huachipato en su proceso de colada continua se encuentra con una topología de red del tipo Bus, la cual se basa en una única línea que comparten todos los nodos de la red. Si bien es cierto que al ser solo una vía de transporte de información el coste de este es mucho más bajo y tiene un control de flujo más sencillo, pero a su vez posee una dependencia total del canal por lo que está expuesto a posibilidades elevadas de colisiones de paquetes de datos dentro de la red.

Al hacer énfasis en esas desventajas de la topología actual en la red, se propone un cambio para un mejor funcionamiento, más rápido, eficiente y asegurando que la información llegue a destino.

Cabe destacar que dentro de la red hay puntos de interés donde nos enfocaremos en la modificación, tales puntos son las estaciones de diesel, planta de agua y la estación de ajuste N°2 (LTU2). Estos puntos son de interés al presentar problemas con la velocidad de comunicación, al ser estas tres estaciones un poco más lejanas que el resto, se manifiestan problemas con los convertidores de medio al transmitir la información de manera más lenta, perjudicando así en parte el proceso. Sabiendo esto nos enfocaremos en el cambio del medio de comunicación en dichas plantas, sustituyendo el medio de comunicación física de datos actual por cable de fibra óptica, y también haciendo cambios en los convertidores de medio que también presentan minorías en la velocidad de comunicación de los datos del proceso.

Para la nueva estructura de red, se propone cambiar a una estructura de anillo redundante, debido a que presenta ventajas en términos de comunicación, ya que no se presentan colisiones de los paquetes de datos que utilizan un mismo canal y se asegura que llegue a su destino. También, dentro del ofrecimiento de cambio, está la incorporación de fibra óptica para la comunicación de la red desde PLC común hacia un hub fan-out el cual repite la información hacia el switch y este distribuye la comunicación hacia la estación de ajuste (LTU2); la estación de agua (WTP) y la estación de diesel, dando así un aumento considerable en la velocidad de comunicación para el proceso.

Además con este planteamiento se deben incorporar convertidores de segmentos eléctricos - ópticos para que el cambio sea efectuado con éxito y otras conversiones de cables de

Otra de las variantes será la instrumentación de nivel uno (PLC's, sensores y actuadores) que se deben proponer o si es posible utilizar los que ya forman parte del sistema de control de colada continua de las palanquillas de la empresa.

3.1. Topología de red.

Como se mencionó previamente, la idea de un cambio en la estructura se debe principalmente como base a utilizar la topología de tipo anillo redundante. Se presenta como opción debido a las notorias mejoras en base a la estructura actual que se cuenta en la red en el proceso de colada continua, ya que soluciona los problemas que se pueden presentar en la colisión de datos en el medio de comunicación, en cambio, en la topología de tipo bus, al ocupar un solo medio estaría en presencia de varias colisiones en el mismo canal de comunicación de información o datos, problema por el cual se ve solucionado con la topología propuesta, por lo que tiene la capacidad de entregar más de un mensaje por el mismo medio de comunicación sin presentar pérdida de datos y sin presentar una dependencia del medio en sí, como se ve reflejado en el caso anterior.

La topología de anillo mueve información sobre el cable en una dirección y es considerada como una topología activa. Las computadoras en la red retransmiten toda la información que reciben y la envían a la siguiente computadora en la red. El acceso al medio de la red es otorgado a una computadora en particular en la red por un "token". El token circula alrededor del anillo y cuando una computadora desea enviar datos, espera al token y la posición de este. La computadora entonces envía los datos sobre el cable, a la computadora destino y esta envía un mensaje de vuelta diciendo que los datos se recibieron correctamente. La computadora que transmitió los datos, crea un nuevo token y los envía a la siguiente computadora, empezando el ritual de paso de token (token passing) nuevamente.

Cada computadora tiende estar unida de una forma única. Cuando algún mensaje es enviado, este viaja a través de computadora en computadora. Cada una de ellas examina la dirección de destino. Si el mensaje no está direccionado a ella, reenvía el mensaje a la próxima computadora, y así hasta que el mensaje encuentre la computadora destino. Si se daña el cable, la comunicación no es posible de adquirir.

La topología de anillo, como su nombre lo indica, es un caso especial de la conexión en bus, en el cual dos extremos se unen para formar un bus cerrado. Entre sus principales características tenemos:

- La información fluye en un solo sentido.
- El mecanismo de transmisión es dejar el mensaje y éste circula por el anillo hasta llegar al receptor.
- Puede circular más de un mensaje por el anillo.

- La inserción de un nuevo equipo al anillo es fácil, tan solo es necesario conectarlo físicamente al medio de transmisión.
- El rendimiento de la red puede ser muy elevado, la velocidad la marca el equipo más lento.
- El control es bastante simple desde el punto de vista hardware y software.

Si bien, como se ha mencionado anteriormente, la inserción de un nuevo nodo es más simple y el rendimiento es rápido, aunque es el nodo más lento el que determina la velocidad, pero cada nodo actúa como repetidor de la señal, por lo que no hay problemas de atenuación. No existen problemas de encaminamiento, ya que todos los mensajes circulan por el mismo, pero a su vez no se producen colisiones.

El cableado de la red en anillo es el más complejo, debido por una parte al mayor coste del cable, así como a la necesidad de emplear unos dispositivos denominados Unidades de Acceso Multiestación (MAU) para implementar físicamente el anillo.

A la hora de tratar con fallos y averías, la red en anillo presenta la ventaja de poder derivar partes de la red mediante los MAU's, aislando dichas partes defectuosas del resto de la red mientras se determina el problema. Un fallo en solo una parte del cableado de la red en anillo, no debe detener toda la red. La adición de nuevas estaciones no supone una complicación excesiva, puesto que una vez más los MAU's aíslan las partes a añadir hasta que se hallan listas, no siendo necesario detener toda la red para añadir nuevas estaciones. Este es uno de los problemas de la topología en anillo, un token ring puede romper el anillo, y es ahí donde el MAU resuelve este problema al contar con la habilidad de cortocircuitar los nodos no operativos y mantener la estructura de manera funcional.

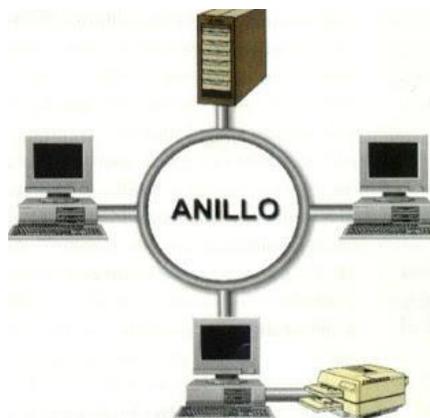


Ilustración 28. Topología en anillo.

Fuente: cesar ranjit (2014). Topología en anillo y anillo doble. Recuperado de <http://www.sabiundo.blogspot.cl>

3.2. Protocolo de comunicación.

En principio un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman la red. Un número importante de empresas en nuestro país presentan la existencia de islas automatizadas (células de trabajos sin comunicación entre sí), siendo estos casos las redes y los protocolos de comunicación industrial indispensables para realizar un enlace entre las distintas etapas que conforman el proceso. La integración de las mencionadas islas automatizadas suele hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados. Esto da lugar a una estructura de redes industriales, las cuales se agrupan en tres categorías:

- Buses de campo
- Redes LAN
- Redes LAN-WAN

Los buses de datos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso, reciben la denominación genérica de buses de campo.

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en proceso de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4-20mA o 0 a 10V DC, según corresponda.

La comunicación de proceso o de campo (Profibus PA, Profibus DP, Profibus FMS) sirve para conectar equipos de campo a un controlador automático, pantallas HMI o sistemas de control distribuido. La conexión se puede establecer a través de interfaces integradas en la CPU o a través de módulos de interfaz (IMs) y procesadores de comunicación (CPs).

En los potentes sistemas de automatización actuales resulta a menudo más eficaz conectar varias líneas de Profibus a un controlador, no solo para aumentar el número de unidades periféricas a conectar, sino también para poder manejar independientemente áreas de producción individuales o segmentadas.

Con PROFIBUS normalizado se ofrece un sistema de bus de campo potente, abierto y robusto con tiempos de reacción cortos, PROFIBUS presenta 3 de sus versiones a nivel industrial las cuales son:

3.2.1. Profibus FMS (Fieldbus Message Specification)

Está implementado en el nivel 7 del modelo OSI, su aplicación es la transferencia de gran volumen de datos entre diferentes dispositivos inteligentes conectados en una misma red. Hoy en día, con el uso creciente de Ethernet y TCP/IP va relegando este perfil a un segundo plano. El sistema está basado en una estructura Cliente-Servidor.

3.2.2. Profibus DP (Distributed Peripheral)

Su aplicación está basada en el intercambio a gran velocidad de un volumen medio de información entre un controlador, que hace las funciones de maestro, y diferentes controladores o diferentes periféricos, como lo son autómatas programables, módulos de E/S, convertidores de frecuencia, paneles de visualización, etc. Que actúan como dispositivos esclavos, distribuidos por el proceso y conectados a una misma red de comunicación. Profibus DP trabaja dentro de los niveles 1 y 2 del modelo OSI y bajo las especificaciones de la norma física RS-485.

3.2.3. Profibus PA (process automation)

Es un caso ampliado del Profibus DP, diseñado para trabajar en los ámbitos de control de procesos, es decir, en zonas denominadas en la industria como "EX" de seguridad intrínseca. Este perfil sigue lo enunciado en la norma IEC 1158-2

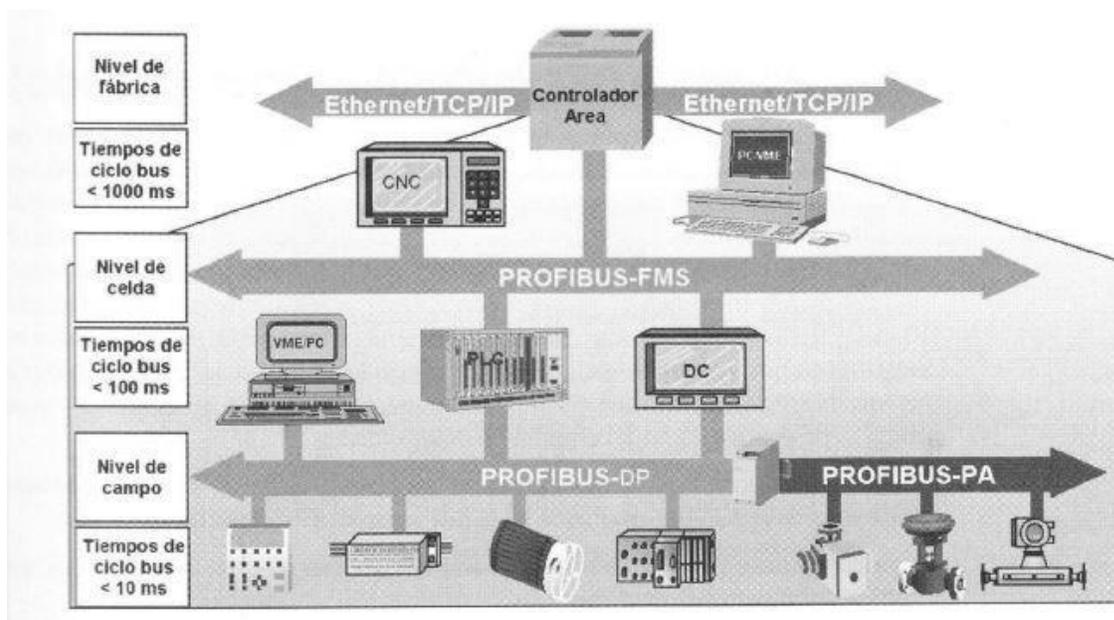


Ilustración 29. Estructura y tipos de perfiles Profibus.

Fuente: Vicente Guerrero, Ramón L. Yuste, Luis Martínez. Comunicaciones industriales. Ediciones técnicas marcombo.

Actualmente la compañía siderúrgica Huachipato CAP acero, para el proceso de colada continua de palanquillas, cuenta con el protocolo Profibus DP como bus de campo, el cual en la propuesta se mantendrá este protocolo debido a las grandes ventajas y gran velocidad para el control de procesos. En comparación a otros protocolos que hay disponibles en el mercado, es el que mejor se adapta al tipo y tamaño de red industrial en el cual se está enfocando.

3.2.4. Profibus DP (periferia descentralizada)

A pesar de que el perfil Profibus FMS puede verse como un sistema más potente pues puede trabajar con un volumen de datos elevado, no es el perfil más adecuado para trabajar a nivel de campo, ya que a este nivel, el volumen de datos a enviar en cada transmisión no es elevado y lo que prima en este caso es la velocidad con la que la información va a llegar a su destinatario, y no solo basta con que llegue rápido sino que llegue en un tiempo máximo y conocido por el sistema (Aproximadamente 10 ms). Esto es lo que se conoce como un sistema determinista, mientras que si no aseguramos que en un tiempo máximo la información pueda ser procesada por el equipo receptor, es decir, que sea un tiempo indeterminado (a veces rápido y otras lento), se le conoce como un sistema no determinista.

A nivel de campo el tipo de comunicaciones instalado debe ser siempre mediante un sistema determinista, perfil que es el que incorpora Profibus DP.

Otros criterios de elección de un bus de comunicaciones que son importantes y que Profibus DP tiene en cuenta son:

- Capacidad de ser diagnosticado ante algún error producido en la red o en algún dispositivo
- Inmunidad a las posibles interferencias que se puedan producir en su entorno
- Facilidad tanto en su configuración como en el manejo y construcción

El método utilizado para el control de acceso a la red es el conocido como maestro-esclavo, en donde existe un potente controlador que hace las funciones de maestro de la red y hasta 126 dispositivos conectados a esa misma red que actúan como esclavos.

Los dispositivos maestros son equipos inteligentes o estaciones activas que son los que controlan la red y van interrogando uno a uno a cada uno de sus esclavos, mientras que los esclavos son estaciones pasivas, como módulos de entrada/salida, aunque también puede conectarse a la red como esclavo un autómatas programable, que esperan a ser interrogados por el maestro, ya que estos no tienen la capacidad de iniciar la comunicación.

Cabe distinguir dos categorías distintas de maestros y una de esclavo, como son:

DPM1: Maestro DP de clase 1. Tiene asignadas las funciones de control sobre sus esclavos conectados en su red. Normalmente son autómatas programables u ordenadores.

DPM2: Maestro DP de clase 2. Son estaciones cuyas funciones son las de configuración y diagnóstico. Normalmente son terminales de operador o unidades específicas de programación y configuración.

Esclavo DP: Es una unidad de periferia que realiza la lectura de las entradas, normalmente

dispositivos de mando y de detección, y envía información a las salidas que a el se encuentran conectadas, normalmente dispositivos de accionamiento.

3.2.5. TRANSMISIÓN DE DATOS

El bus DP puede estar compuesto de uno o de varios maestros, así como de uno o varios esclavos. Para el control del acceso al medio se utilizan dos sistemas, como son:

- Token
- Maestro-esclavo



Ilustración 30. Equipos participantes en una red Profibus.

Fuente: Vicente Guerrero, Ramón L. Yuste, Luis Martínez. Comunicaciones industriales. Ediciones técnicas marcombo.

Otras características importantes se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Estándar	Profibus según EN 50 170
Método de acceso	Paso por testigo con maestro-esclavo
Velocidad de transmisión	9.6 Kbit/s - 12 Mbit/s
Tiempo de ciclo	Entre 5 y 10 ms
Volumen de datos	Hasta 246 Bytes
Medio de transmisión	eléctrico: óptico: sin hilos:
	Cable de dos hilos apantallado Cables de FO (cristal y plástico) Infrarrojos
Máximo N° de nodos	32 estaciones por segmento y hasta un total de 127

Tamaño de la red	eléctrica: óptica:	Máx 9.6 km (depende de velocidad) 150km (depende de velocidad)
Topologías		Bus, árbol, estrella, anillo, anillo redundante
Aplicaciones		Comunicación de proceso, campo o datos

Tabla N°1: "Características Profibus según EN 50 170".

El tipo de conexión utilizado en la red de la acería CAP es con cables de tipo AUI y utilizando un convertor de medio para traspasarlo a cable de tipo UTP, a continuación se pasará a ver en detalle los componentes físicos de la red actual.

3.3. Componentes actuales de la red

3.3.1. Cable AUI.

El cable AUI es del tipo 10base-5 (thick ethernet) según la versión del estándar, del tipo cable coaxial grueso de 50 ohm que acepta hasta 100 puestos de trabajo sobre una longitud máxima de 500 metros. La conexión entre el bus y la tarjeta adaptadora del computador se realiza mediante transceptores (o transceiver) conectados por medio de este cable AUI (attachment unit interface) con conectores DB15 en ambos extremos.

La interfaz AUI se encuentra en tarjetas de red y elementos de internetworking como hub's y switches. Para la conexión AUI, existe una serie de convertidores de medios distintos que por ejemplo realizan una conversión de AUI a coaxial o de AUI a conductor de ondas luminosas.

Se dispone de un nivel MAC en el que se arbitra el acceso al medio de transmisión y por debajo de este nivel existen otros dos:

- Medium Attachment Unit (MAU) Proporcional la conexión física al medio de transmisión
- Attachment Unit Interface (AUI) Cable de enlace que une el nivel MAC con el MAU

El nivel MAC es independiente del medio de transmisión (coaxial, fibra óptica, etc), por lo que es necesario estos niveles (MAU y AUI) que son específicos para cada caso.



Ilustración 31. Cable AUI.

Fuente: QVS. The connectivity Specialist. Recuperado de <http://www.shopqvs.com>

3.3.2. Conversor de medio o transceiver.

Los transceptores portátiles de la serie AT-200 son unidades de acceso multimedia compacta (MAU) altamente fiables para los usuarios de redes de área local (LAN) Ethernet. Proporcionan la interfaz física y electrónica entre la estación coaxial IEEE 802.3 y una estación DTE. El transceptor AT-200 está disponible en una variedad de configuraciones, todas las cuales cumplen con los requisitos de conformidad del transceptor de IEEE 802.3 y son compatibles con Ethernet Versión 1.0 y 2.0. El uso de conectores estándar de la industria garantiza la compatibilidad de los enchufes con todos los conectores de cable existentes utilizados en las instalaciones Attachment Unit Interface (AUI), thicknet (10BASE5) o thinnet (10BASE2).



Ilustración 32. Transceptor CentreCOM serie AT-200 con conector para cable Thicknet.

Fuente: Allied telesyn international. CentreCOM AT-200 series single port transceiver user manual.

Para los transceptores utilizados en la red actual, trabajan con cable tipo AUI thicknet (10BASE5) para su conexión al concentrador, para luego hacer la conversión a cable tipo UTP (ethernet), esta conversión de medio actualmente para las plantas más lejanas (y por consiguiente las que presentan interés en la propuesta de mejora) se ve afectada por una ralentización en el envío de información provocado por la misma distancia en la transmisión física.

3.3.3. Concentrador o Hub

Un concentrador o hub es un dispositivo que permite centralizar el cableado de una red y poder ampliarla. Esto significa que dicho dispositivo recibe una señal y repite esta señal emitiéndose por sus diferentes puertos. Trabaja en la capa física (capa 1) del modelo OSI o la capa de acceso al medio en el modelo TCP/IP. El concentrador utilizado en la red es de modelo CentreCOM 3016SL el cual se muestra en la siguiente ilustración:

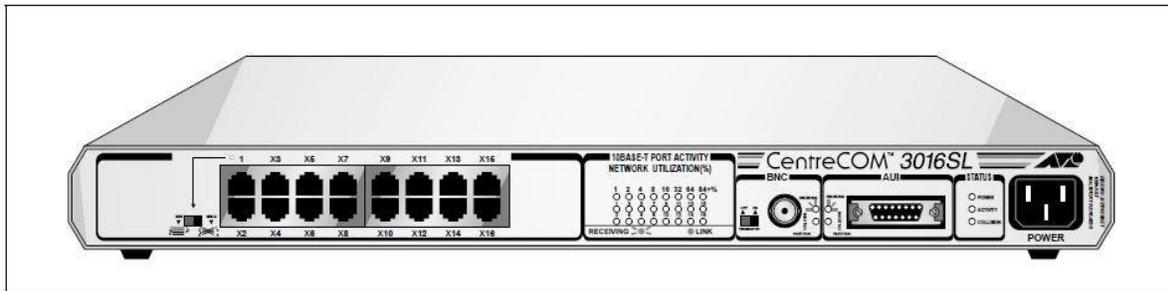


Figure 2: AT-3016SL Front Panel

Ilustración 33. Vista frontal del repetidor CentreCOM 3016SL.

Fuente: Installation guide multiport repeater CentreCOM 3016SL Allied Telesyn International.

A este repetidor llegan señales de estaciones como por ejemplo, de Diesel, planta de agua y estación de ajuste (LTU2). Las señales que viajan desde las distintas estaciones de la planta hasta el Switch, que luego llega al Hub y luego de esto al PLC común, lo hacen por medio de cable UTP (ethernet), la conversión de cable UTP al AUI (mencionado anteriormente) se hace por medio de un transceptor (transceiver) que hace el trabajo de conversión de medio para la transmisión de datos actual que hay en la red, como se muestra de la siguiente manera:

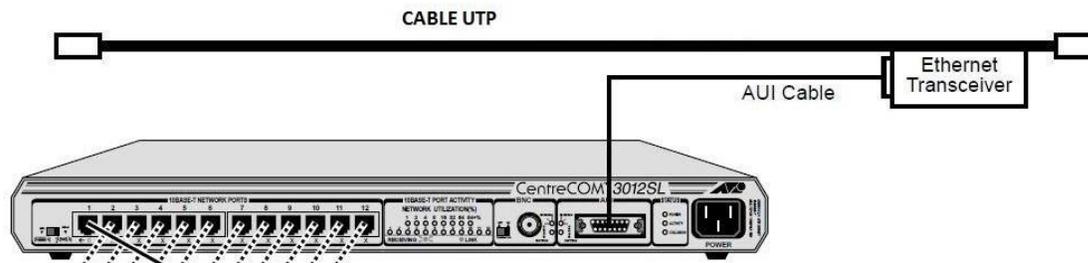


Ilustración 34. Conversión de medio cable UTP a AUI.

Fuente: Allied Telesyn International. Installation guide multiport repeater CentreCOM 3016SL.

Para el caso actual de la propuesta en cuestión, se hará uso de un medio de comunicación de los datos de haz de luz por medio de cables que permiten este tipo de transmisión de datos ya que presentan el siguiente tipo de características mencionadas a continuación.

3.3.4. Conmutador o Switch.

Un conmutador es un dispositivo de interconexión de redes de otros dispositivos o computadoras.

Conocido también como "switch", el conmutador es un aparato que interconecta dos o más segmentos de una misma red para el enlace de datos, funcionando como un puente. Se dice que en una "red en estrella" el conmutador es el centro.

La funcionalidad de un conmutador está dada por la multiplicación de redes y datos a transmitir, con la subsiguiente necesidad de un orden y sistematización para su operación. Un conmutador funciona como un filtro en la red, mejorando el rendimiento y la seguridad de las conexiones al provocar una fusión de éstas.

Gracias a un conmutador de este tipo, se pueden conectar diversos tramos de una red para que se fusionen. Debido a que solamente transmiten los datos hacia los segmentos en los cuales hay un destinatario, permiten mejorar la seguridad y el rendimiento de las denominadas redes de área local. Para el caso actual de la red se ocupa un conmutador del modelo HP advance Stack Switch 2000 para el manejo en la red de la comunicación entre los distintos componentes de esta.

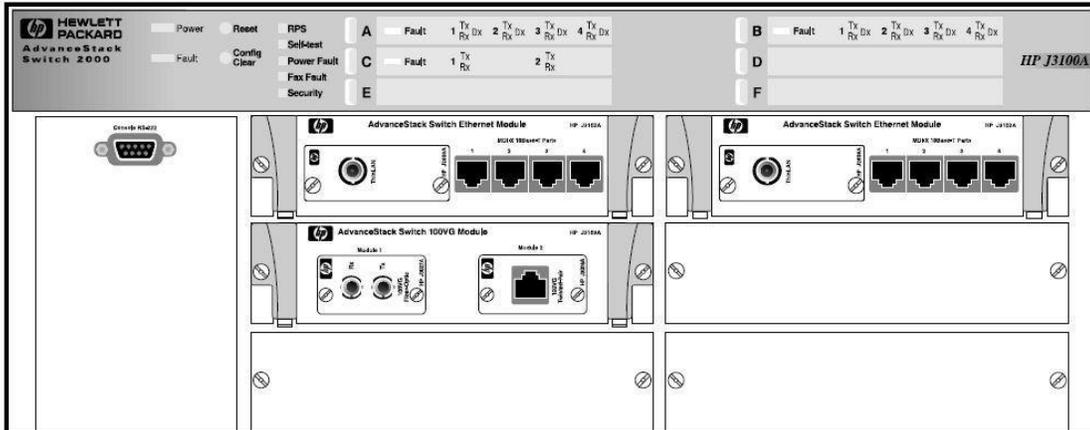


Ilustración 35. Vista frontal del HP Advance Stack Switch 2000 con módulos opcionales y transceptores instalados.

Fuente: Guía técnica e instalación HP advanceStack Switch 2000.

3.3.5. Sistema de automatización S7-300

Los controladores universales SIMATIC S7-300 son potente, compactos y rentable. Estos ahorran espacio en la instalación y presentan un diseño modular. Amplia gama de módulos pueden ser utilizados para ampliar el sistema central o para crear estructuras descentralizadas de acuerdo con la tarea a realizar, y facilita una acción rentable de piezas de repuesto.

El SIMATIC S7-300 es el sistema modular de mini PLC para la gama baja y los rangos de rendimiento mediados.

El diseño modular y sin ventilador, simple implementación de estructuras distribuidas y cómodo manejo hacen de SIMATIC S7-300 la solución rentable y fácil de usar para las más diversas tareas en la gama baja y rangos de rendimiento mediados.

El sistema de automatización S7-300 tiene un diseño modular. Cuenta con una amplia gama de módulos que se pueden combinar de forma individual.

El sistema incluye:

- Una CPU
- Los módulos de señales (SMS) para entradas / salidas digitales y analógicas
- Los procesadores de comunicaciones (CP) para la conexión de autobuses y conexiones punto a punto.
- Módulos de función (FM) para el recuento de alta velocidad, de posicionamiento (en lazo abierto / lazo cerrado) y de control PID.

Especificaciones Técnicas:

Grado de protección	IP20 según IEC 60 529
Temperatura ambiente <ul style="list-style-type: none"> ● Para la instalación horizontal ● Para instalación vertical 	0 a 60 °C 0 a 40 °C
Humedad relativa	10 a 95%, sin condensación, corresponde a la humedad relativa (RH), nivel de estrés 2 acc. IEC 61131, parte 2
Presión del aire	Desde 1080 hPa de a 795 hPa (corresponde a una altitud de -1000 a +2000 m)
Aislamiento <ul style="list-style-type: none"> ● <50 V ● <150 V ● <250 V 	Tensión de prueba 500 V DC Tensión de prueba 2500 V DC Tensión de prueba 4000 V DC
Compatibilidad electromagnética <ul style="list-style-type: none"> ● Variables de perturbación en forma de impulso ● Variables de perturbación sinusoidal ● Emisión de interferencias de radio 	Requisitos de la compatibilidad electromagnética; inmunidad a la interferencia de acuerdo con IEC 61000-6-2 Prueba de acuerdo con: La descarga electrostática según IEC 61000-4-2, pulsos de ráfaga según IEC 61000-4-4, energía de pulso único (surge) según IEC 61000-4-5 Prueba según: irradiación HF según IEC 61000-4-3, HF de desacoplamiento de acuerdo con IEC 61000-4-6 Emisión de interferencias según EN 50081-2 Prueba según: Emisión de interferencias de campos electromagnéticos según la norma EN

	<p>dirección de choque: 3 choques cada uno en sentidos \pm en cada uno de los 3 ejes perpendiculares entre sí</p>
--	--

Tabla N°2: "Información Técnica S7 300".



Ilustración 36. Controlador lógico programable S7-300.

Fuente: Siemens. Fichas técnicas de instrumentos Siemens y soporte industrial online. Recuperado de [http://www. Support.industry.siemens.com](http://www.Support.industry.siemens.com)

3.3.6. Sistema de automatización S7-400

Es el sistema de automatización más potente dentro de simatic.

Tiene capacidades excelentes de comunicación e interfaces integradas, esto hace que SIMATIC controlador de procesos S7-400 sea ideal para tareas más grandes, tales como la coordinación de sistemas completos.

La variada gama de unidades permite un rendimiento escalable y la capacidad de E/S de periferia es prácticamente ilimitado.

Usa simultáneamente varias CPU's en un bastidor S7-400. Al tener este modo multicomputador permite distribuir la potencia total de un S7-400.

El diseño modular y sin ventilador, alto nivel de capacidad de expansión, amplias opciones de comunicación y de redes, implementación simple de estructuras distribuidas y fácil manejo hacen de SIMATIC S7-400 la solución ideal incluso para las tareas más exigentes del medio a alto rangos de rendimiento -END.

Varias clases de rendimiento de la CPU-graduada y una amplia gama de módulos con una serie



de funciones fáciles de usar permiten a los usuarios realizar sus tareas de automatización de forma individual.

En el caso de expansiones de tareas, el controlador puede ampliarse en cualquier momento sin costo significativo por medio de módulos adicionales.

El SIMATIC S7-400 es universal en uso:

- aptitud máxima para la industria gracias a la alta compatibilidad electromagnética y alta resistencia a golpes y vibraciones.
- Los módulos pueden ser conectados y desconectados mientras que la energía encendido.

El sistema incluye:

Módulo de alimentación (PS)

- CPU
- Los módulos de señales (SMS) para digital (DI/DO) y analógica de entrada/salida
- Procesadores de comunicaciones (CPs), por ejemplo para conexiones de conexión de bus y de punto a punto
- Módulos de función (FMS)

Dependiendo de las necesidades también se puede utilizar

- Los módulos de interfaz (IM)
- Los módulos de SIMATIC S5

Especificaciones técnicas:

Grados de protección	IP20
Temperatura ambiente	0 a 60 °C
Humedad relativa	5 a 95%, sin condensación
Presión atmosférica	1080-795 hPa (Corresponde a una altitud de -1000 m a 2000 m)
Compatibilidad electromagnética <ul style="list-style-type: none"> • Inmunidad a las interferencias 	De acuerdo con la norma EN 61000-6-2

<ul style="list-style-type: none"> ● Emisión de interferencia 	<p>De acuerdo con la norma EN 61000-6-4</p>
<p>Carga mecánica</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Vibración, prueba de acuerdo con /probado con ● Choque, ensayo según/ probado con 	<p>IEC 60068-2-6 (senoidal) 10 a 58 Hz; amplitud constante 0,075 mm; 58 a 500 Hz; constante de aceleración de 1 g; duración de oscilación: 10 barridos de frecuencia por eje en cada dirección de los tres ejes mutuamente perpendiculares</p> <p>IEC 60068-2-27 Tipo de choque: La mitad-sinusoidal; la fuerza del choque 10 g (valor de pico), duración 6 ms dirección de choque: 100 choques en cada uno de los 3 ejes perpendiculares entre sí.</p>

Tabla N°3: "Información Técnica S7-400".



Ilustración 37. Controlador lógico programable S7-400.

Fuente: Siemens. Fichas técnicas de instrumentos Siemens y soporte industrial online.
Recuperado de <http://www.Support.industry.siemens.com>

3.3.7. CP 343 - 1

Aplicación:

El procesador de comunicaciones CP 343-1 está diseñado para que un controlador lógico programable S7-300 permita ser conectado a comunicación de tipo Industrial ethernet.



Ilustración 38. Procesador de comunicaciones Siemens CP 343-1 SIMATIC NET.
Fuente: Siemens. Fichas técnicas de instrumentos Siemens y soporte industrial online.
Recuperado de <http://www.Support.industry.siemens.com>

Servicios:

El CP 343-1 provee los siguientes servicios de comunicación:

- Comunicación S7 y comunicación PG / OP
- Funciones de PG (incluyendo enrutamiento)
- Funciones de control y vigilancia (HMI) Multiplexación de conexiones TD / OP
- Cliente y servidor para intercambio de datos utilizando bloques de comunicación 1) en S7 Conexiones configuradas en ambos extremos
- Servidor para intercambio de datos en conexiones S7 configuradas en un solo extremo Sin bloques de comunicación en la estación S7-300 / C7-300

Características generales:

Características	Explicación/valores
Número de conexiones simultáneas en total Ethernet Industrial	Máximo 32 (CP 343-1)
Especificaciones técnicas	CP 343-1
Velocidad de transmisión	10 Mbps y 100 Mbps
Conexión a industrial ethernet (10/100 Mbps)	Conector hembra sub-D de 15 pines (Conmutación automática entre AUI y par trenzado industrial)

Conexión al conector par trenzado	RJ - 45 Jack
suministro de energía	+5 V DC (+/-5%) y +24 V DC (+/-5%)
Consumo de corriente Desde el bus de fondo Desde 24 V DC externo	70mA AUI: aprox. 0.73 A máximo TP/ITP: aprox. 0.4 A máximo
Potencia perdida	10 W
Condiciones ambientales permitidas Temperatura de operación	0 °C a +60 °C

Tabla N°4: "Información Técnica CP 343-1".

3.3.8. CP 443 - 1

Permite conectar a Simatic S7-400 a industrial Ethernet. Además de las funciones de comunicación con otros nodos Ethernet, el procesador de comunicaciones asume las funciones de un PROFINET IO-Controller.

Ofrece una comunicación eficiente con S5, S7, con servidores OPC y con la PG. Permite la conexión de los sistemas más diversos, debido a que la comunicación se configura a través de TCP/IP.

Seguridad

El CP 443-1 ofrece gran robustez frente a los ataques desde la red. Eso hace innecesarias las actualizaciones de seguridad constantes. Una lista de IP protege del acceso por parte de PC no autorizados.

Mantenimiento

El módulo se sustituye fácil y rápidamente sin necesidad de usar herramientas de configuración, porque los datos de los parámetros de comunicación se encuentran en la CPU.

Diagnóstico por web

Gracias a la funcionalidad de diagnóstico por web, el CP le permite consultar, desde un cliente HTTP en una PG o en un PC, los ajustes más importantes de una estación conectada, así como

los estados de su conexión de red e interlocutores. También se pueden consultar las entradas del búfer de diagnóstico de los módulos del rack en el que está enchufado el CP. La funcionalidad de diagnóstico por web sólo permite acceder en lectura a los datos de las estaciones en red.



Ilustración 39. Modelo físico del módulo para procesamiento de comunicaciones Siemens CP 443-1.

Fuente: Siemens. Fichas técnicas de instrumentos Siemens y soporte industrial online. Recuperado de <http://www.support.industry.siemens.com>.

Información técnica relevante con respecto al equipo:

- Velocidad de transferencia En la interfaz.	10...100 Mbits/s.
- Interface Número de interfaces/según industrial ethernet. Número de conexiones eléctricas en la interfaz 1/según industrial ethernet.	1. 1.
- Tipo de conexiones eléctrica En la interfaz 1/según industrial ethernet. De la interfaz industrial ethernet.	Puerto RJ-35/AUI. Conector hembra Sub-D de 15 polos (10 Mbits/s AUI 10/100 Mbits/s ITP).
- Tensión de alimentación, consumo, pérdidas. Tipo de corriente. Corriente consumida. Tensión de alimentación del bus de fondo.	DC. 1,4 A. 5 V.

Pérdidas.	8,6 W.
- Condiciones ambientales admisibles. Temperatura ambiente durante el funcionamiento. Humedad relativa del aire Grado de protección.	0...60°C. 95%. IP20.

Tabla N°5: "Información técnica CP 443-1".

3.3.9. CP 441-2



Ilustración 40. Modelo físico del módulo para procesamiento de comunicaciones Siemens CP 441-2.

Fuente: Siemens. Fichas técnicas de instrumentos Siemens y soporte industrial online.
Recuperado de <http://www.support.industry.siemens.com>.

Información técnica:

<u>Tensión de alimentación</u> Valor nominal (DC) - 5 V DC - 24 V DC	- Sí - Sí
<u>Intensidad de entrada</u> de bus de fondo 5V DC, máx.	- 300mA
<u>Pérdidas</u> Pérdidas, típ.	- 2,7 W; Incl. módulo de 2 x20 mA TTY

<p><u>Memoria</u> Necesidades de memoria por interfaz en memory card de CPU S7</p>	<p>1 a 5 kbytes para parámetros; 0 a 55 kbytes para textos de aviso; 0 a 64 kbytes para drivers cargables</p>
<p><u>Interfaces</u> N° de interfaces Norma de interfaz, 20mA (TTY) Norma de interfaz, RS 232C (V.24) Física de la interfaz, RS 422/485 (X.27) 20 mA (TTY), longitud de cable apantallado, máx. RS 232, longitud de cable apantallado, máx. RS 422/485, longitud de cable apantallado, máx</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 2; variable - Sí - Sí - Sí - 1000 m; A 9600 bit/s - 15 m; A 115200 bits/s - 1200 m; A 19200 bit/s
<p><u>Punto a punto</u> velocidad de transferencia, máx. Impresoras compatibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 115,2 kbit/s; Min. 300bits/s - HP-Deskjet, HP-Laserjet, IBM- Proprinter, definidor por el usuario
<p><u>Drivers de protocolo integrados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 3964 (R) - ASCII - RK512 - impresora - Drivers personalizados recargables 	<ul style="list-style-type: none"> - Sí - Sí - Sí - Sí - No
<p><u>Velocidad de transferencia, 20mA (TTY)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Con protocolo 3964 (R), máx. - Con protocolo ASCII, máx. - Con drivers de impresora, máx. - Con protocolo RK512, máx. 	<ul style="list-style-type: none"> - 19,2 kbits/s - 19,2 kbits/s - 19,2 kbits/s - 19,2 kbits/s
<p><u>Velocidad de transferencia, RS 422/485</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Con protocolo 3964 (R), máx. - Con protocolo ASCII, máx. - Con drivers de impresora, máx. - Con protocolo RK 512, máx. 	<ul style="list-style-type: none"> - 115,2 kbits/s - 115,2 kbits/s - 115,2 kbits/s - 115,2 kbits/s
<p><u>Velocidad de transferencia, RS 232</u></p>	

- Con protocolo 3964 (R), máx.	- 115,2 kbits/s
- Con protocolo ASCII, máx.	- 115,2 kbits/s
- Con drivers de impresora, máx.	- 115,2 kbits/s
- Con protocolo RK 512, máx.	- 115,2 kbits/s

Tabla N°6: "Información técnica CP 441-2".

Especificaciones de la CPU 414-1 / CPU 414-2DP

Ambas CPU poseen características técnicas similares, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

CPU y Firmware versión	
MLFB	6ES7417-2XK05-0AB0
Versión Firmware	V5.3
Paquete de programación asociado	A partir de la actualización de hardware STEP 7 V 5.3 SP2 +
Memoria	
Memoria de trabajo	
Integrado	512 KB para código 512 KB para datos
Memoria de carga	
Integrada	512 KB RAM
Expandible FEPR0M	Con tarjeta de memoria (FLASH) sube a 64 MB
Expandible RAM	Con tarjeta de memoria (RAM) sube a 64 MB
Copia de seguridad con batería	Sí, todos los datos

Tiempos de procesamiento típicos	
Operaciones de Bit	45 ns
Operaciones de palabra	45 ns
Aritmética de punto fijo	45ns
Aritmética de punto flotante	135 ns
Contadores y su remanencia	
Contadores S7	2048
Retentividad programable	desde C 0 hasta C 2047

Tabla N° 7: "Datos y especificaciones de laS CPU 414-1 / CPU 414-2DP"

3.3.10. Transceptor CentreCOM AT-270 T

Los transceptores CentreCOM de puerto múltiple son transmisores de pares trenzado de dos y cuatro puertos para usuarios de redes de área local Ethernet (LAN's).

Los transceptores AT-270 T proporcionan la interfaz electrónica y física entre el cableado Ethernet 10BASE-T y la estación de datos Terminal Equipment (DTE) de la IEEE 802.3/Ethernet.

El diseño del circuito del transceptor AT-270 T soporta dos interfaces de unidad de acoplamiento (AUI's) con una sola placa de circuito y una interfaz de par trenzado.

Son fáciles y rápidamente instalados, y su diseño compacto apoya instalaciones a lo largo de pistas estrechas.



Ilustración 41. Transceptor CentreCOM 270 T.

Fuente: Allied telesyn international. CentreCOM AT-270 T series single port transceiver user manual.



3.3.11. Resumen del capítulo.

En este capítulo se hace mención a la topología de red existente en la actualidad, a su vez a los elementos e instrumentación relacionada directamente con la red de comunicaciones, tanto como protocolo de comunicación, convertidores, medio físico de la transmisión de datos, componentes de repetición y dirección de datos (hub y switch) como también se mencionan los procesadores de comunicación utilizados en las distintas subestaciones donde está enfocado el estudio, de las cuales van acopladas como módulos en los plc existentes actualmente en el proceso, siendo estos de la marca siemens modelos s7-300 y s7-400.

CAPITULO 4

Topología de red actual

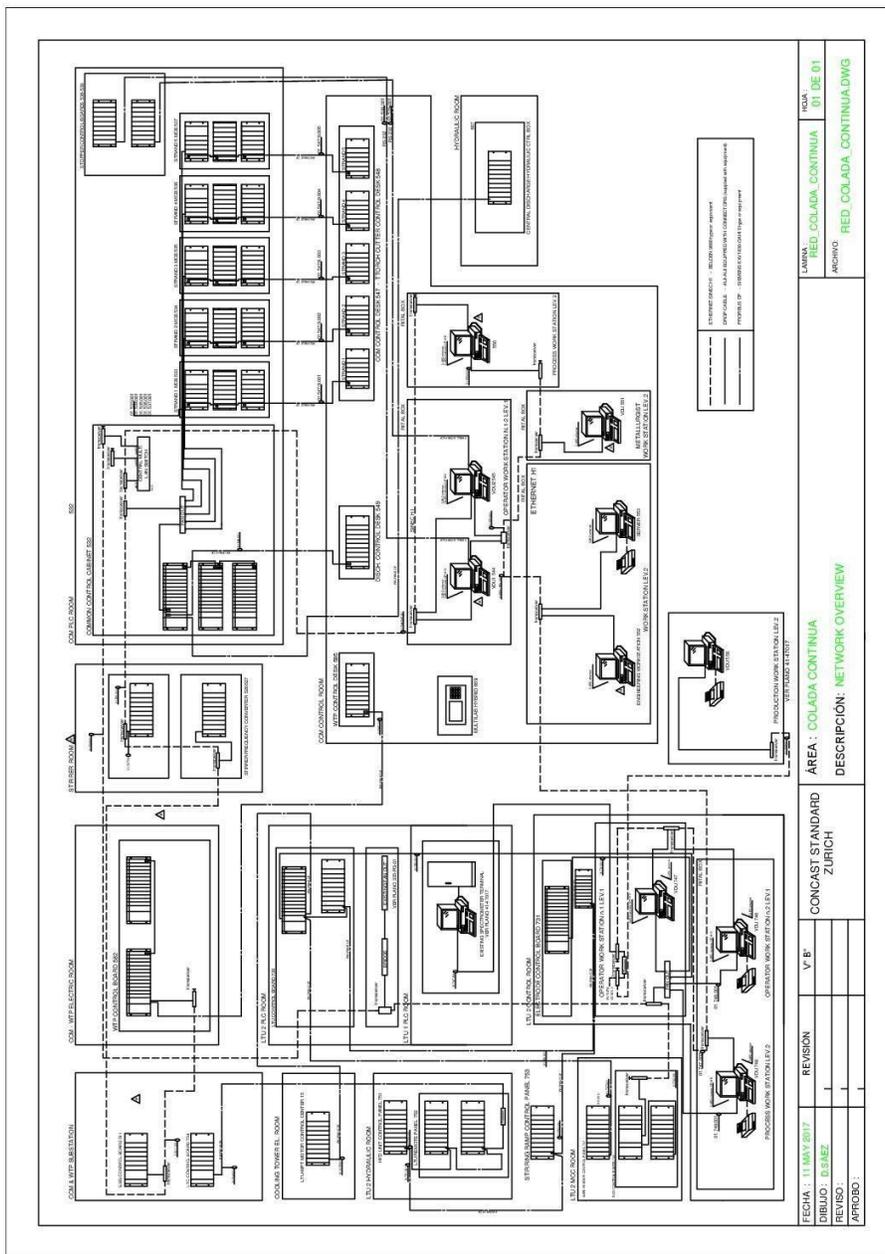


Ilustración 42. Plano distribución de la topología de red planta colada continua.

Fuente: Red colada continua. Huachipato.

La distribución actual de la red para la planta de colada continua, con todos sus elementos involucrados mencionados en detalle anteriormente, se muestra mediante el plano de distribución anterior. La idea de las modificaciones que se pretenden hacer a esta red, es aplicar cambios en las estaciones de ajuste N°2 (LTU2), planta de agua y también la de diesel, solamente se harán modificaciones a las ya nombradas ya que son las más alejadas del PLC común y del multi Switch central, en comparación al resto de las estaciones distribuidas en la colada continua, las cuales no presentan problemas de lentitud en la comunicación de datos, dado que se encuentran en mayor proximidad a la estación del plc común, y por ende en la velocidad de transmisión de datos no se ven reflejados atrasos, problema que si afecta a las 3 estaciones mencionadas. Entonces dentro de las propuestas que se harán, consiste en cambiar el tipo de topología, conversiones de medio, comunicación a nivel físico y conexasión involucrado en estas subestaciones para que así se vea solucionado el problema del retraso en la comunicación de los datos, siendo esto un problema dentro del proceso ya que se ve reflejado en un retraso del proceso en general, presentando constantes fallas que se ven reflejadas tanto en los transceptores involucrados en la conversión de datos en esas plantas, como también en retrasos parciales del proceso.

Dadas las dificultades que presenta esto, se presentan propuestas que se consideran necesarias para poder mitigar el problema que involucra parte del proceso y así se tra tará de optimizar en parte el proceso de colada continua.

4. Elementos de importancia para propuesta de red

Para la propuesta en la modernización de la red actual, se pretende hacer cambios ya sea en la estructura de la red en términos de topología, como también en el medio físico por el cual se transmiten los datos y de los distintos componentes involucrados en la red para el funcionamiento de esta.

Parte de estos cambios implica el reemplazo del medio físico por otro más veloz, y dicho cambio se presenta mediante la fibra óptica:

4.1. Fibra óptica.

Como se ha mencionado anteriormente la propuesta compromete a una topología de red en anillo redundante con un protocolo de comunicación Profibus DP. Pero es necesario aplicar a través de una opción de conectividad, el cual, se propone utilizar una red óptica en las mencionadas estaciones de ajuste y de agua. Ésta red utiliza cables de fibras ópticas como medio de transmisión, con los que es posible adecuarse a grandes alcances.

El cable de fibra óptica sirve para la transmisión de señales con ayuda de ondas electromagnéticas en la región de las frecuencias visibles. El haz luminoso es conducido por reflexión total en la transición del núcleo a la funda de la fibra, que tiene un índice de refracción menor que el núcleo.

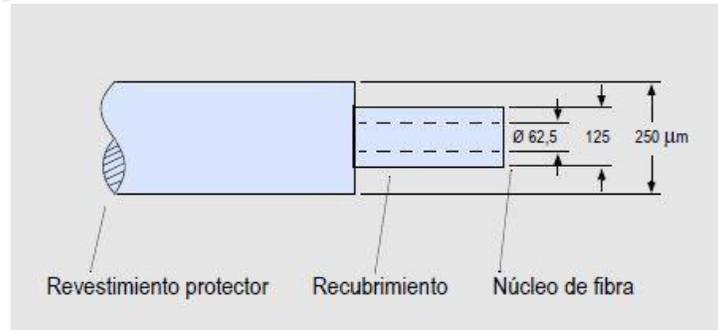


Ilustración 43. Composición del cable de fibra óptica.

Fuente: Lilia García (2012). Tipos de fibra óptica. Recuperado de <http://www.lilia-garcia.blogspot.cl>.

Con una red óptica se opta a las siguientes características:

- La línea de transmisión es inmune a perturbaciones electromagnéticas.
- Su naturaleza ofrece aislamiento galvánico.
- Es idónea para grandes distancias.
- Puede utilizarse cables de fibra óptica de plástico, PCF o vidrio.
- El tendido es sencillo debido a que los cables son ligeros.
- Los cables de fibra óptica son de construcción robusta para aplicaciones en interiores y exteriores.

4.1.1. Fibra Óptica Monomodo

Cabe destacar que existen dos tipos de cables de fibra óptica, monomodo y multimodo, y con distinta estructura, ya sea de estructura holgada o un cable de estructura ajustada de los cuales utilizaremos una fibra monomodo con cable de estructura ajustada que nos dará un mayor alcance de distancia (>100km).

Esta fibra es la forma más sencilla de un cable de fibra óptica, ya que en él todas las señales viajan por el centro de la fibra sin reflejo. La fibra óptica monomodo es apta para la transmisión de datos a largas distancias, y contienen un núcleo muy fino de aproximadamente 8 a 10 micrones y están agrupadas en haces. También tiene menos atenuación, lo que garantiza una transmisión de la señal más fidedigna.

Ventanas de operación

Existen 4 ventanas de operación de la fibra óptica:

- Primera ventana: 850nm
- Segunda ventana: 1300nm
- Tercera ventana: 1550nm
- Cuarta ventana: 1650nm

Atenuación en F.O.

La transmisión de datos por fibra óptica no es eficiente al 100%, debido a que existen una pérdida de potencia óptica en las fibras, a esto se le llama atenuación, y es medidas en dB y dB/km.

Estas pérdidas pueden ser intrínsecas o extrínsecas.

Las pérdidas intrínsecas no se pueden eliminar porque se deben a la composición que tenga el vidrio, las impurezas, etc. En cambio, las pérdidas extrínsecas se producen por el mal cableado y empalme.

Cable de estructura ajustada

Se dota a cada fibra individualmente de una protección plástica directamente sobre ella, hasta alcanzar un diámetro de 900um. Su principal ventaja es la óptima protección anti humedad y unas considerable flexibilidad y resistencia mecánica

Como se mencionó con anterioridad, para esta propuesta se utilizará un cable de fibra óptica de estructura ajustada de 8 filamentos de fibra monomodo de la gama OS1 SM 9/125 que está dentro de la tercera ventana de operación, con una operación de 1310 nm, una atenuación de 0.5 db/km y una velocidad perteneciente a la variante 1000 Base-Lx, de 1 Gbps con una distancia de 10 km.

Considerando lo anterior, se dará un resumen de las variantes ethernet existentes:

Variante Ethernet	Velocidad	Medio	Distancia
10Base-Fx	100 Mbps	f.o. MM OM1 1300 nm	2 km.
100Base-Lx	100 Mbps	f.o. SM 1310 nm	15 km.
1000Base-Sx	1 Gbps	f.o. MM OM2 850 nm	500 m.
1000Base-Lx	1 Gbps	f.o. MM OM1/OM2 1300 nm	500 m.
1000Base-Lx	1 Gbps	f.o. SM 1310 nm	10 km.
1000Base-Zx	1 Gbps	f.o. SM 1550 nm	80 km.
10GBase-SR/SW	10 Gbps	f.o. MM OM3 850 nm	300 m.

10GBase-LR/LW	10 Gbps	f.o. SM 1310 nm	10-25 km.
10GBase-Er/Ew	10 Gbps	f.o. SM 1550 nm	40-80 km.

Tabla N°8: “Variantes Ethernet sobre fibra óptica (f.o.) más utilizadas”.

Al mencionar todo lo dicho con anterioridad el protocolo de comunicación PROFIBUS es posible conectarlo a través de una red óptica. Pero para construir una red óptica con topología en anillo es necesario ocupar conversores de medios.

Gracias a estas ventajas, el proceso de colada continua en CAP será más aproximado a un tiempo real, por ende más rápido y con menos disponibilidad de errores en los datos.

Dentro de los segmentos de interés en donde se realizará el cambio de cableado, se ha medido toda la trayectoria desde las partes más alejadas de la planta (a las cuales se realizarán las modificaciones pertinentes) hasta el multi Switch central donde llegan las comunicaciones de toda la red, dichas mediciones de distancia se hicieron mediante el medidor láser BOSCH GLM 100 C, que posee un alcance de hasta 100 metros con una exactitud de medición de +/- 1.5 mm.

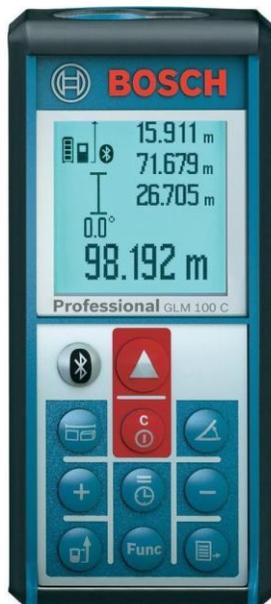


Ilustración 44. Medidor laser BOSCH GLM 100 C.

Fuente: Bosch. Manual Medidor laser BOSCH GLM 100 C.

Dichas mediciones servirán para el reemplazo del cableado actual por uno de fibra óptica a través de las canalizaciones ya existentes dentro de la empresa, dentro de las mediciones hechas se ha tratado de hacer con la mayor exactitud posible ya que la fibra óptica en comparación de los cables ya utilizados en la red, es bastante más costosa y se trata de tener mediciones aproximadas a la realidad para tener una cotización fidedigna de lo que se utilizará realmente. a las distancias obtenidas mediante el medidor láser le aplicaremos un aumento del 5% para la cotización de los cables para tener un excedente aterrizado y aceptable dentro del reemplazo.

Descripción	Distancia [m]	Aplicando 5% excedente
Distancia planta de agua hasta Central Multi Lan Switch	236,08 [m]	247,88 [m]
Distancia planta diesel hasta Central Multi Lan Switch	158,65[m]	166,58[m]
Distancia estación de ajuste N°2 (LTU2) hasta Central Multi Lan Switch	226,19[m]	237,49[m]

Tabla N°9: "Mediciones y estimaciones de distancias en CAP".

Se tomará como referencia final para la cotización de la fibra óptica, la distancia con el excedente del 5% para así tener una noción aproximada de lo que irá costando la implementación de la mejora.

4.2. Cambios de los transeptores para cambios de medio físico (ethernet a fibra óptica).

En el cambio de los transeptores actuales que hacen la transformación de cable AUI (coaxial) a UTP (ethernet), se propone hacerlo por transeptores que hacen la conversión de UTP a fibra óptica, las características técnicas de este instrumento son las siguientes y se adecuan a lo requerido dentro de la propuesta:

Velocidad de datos: 10 /100Mbps, 10/100/1000 Mbps, 1.000Mbps. Wavelength: 850/1310/1550.

Tipos: monomodo, multimodo. Tipo de conector: LC, SC

UTP cable: CAT5, CAT6

Color: Negro o personalizado Interface: SFP, RJ45

modo de transmisión: half duplex o full auto duplex distancia de transmisión: 10 km - 120 km

Características del funcionamiento:

Cumple con 10Base-T, 802.3u 100Base-TX y 100Base-FX, 100Base 802,3z. Provee conversión de UTP a fibra

Auto negociación en el puerto 100BaseTX/TP Interoperable con dispositivos 100BaseTX/TX



Ilustración 45. SFP Media converter 10/100/1000 .

Fuente: Cotización y contacto de transceptores ópticos. Recuperado de <http://www.tripleee.cl>.

4.3. Cambios de las unidades centrales de procesamiento (CPU).

Los elementos de la red que trabajan en conjunto con los procesadores lógicos programables son los procesadores de comunicación (CP) y las unidades centrales de procesamiento (CPU), previamente se hace mención de cada modelo ocupado dentro de la red, ya sea para los PLC Siemens S7-300 y Siemens S7-400. Las CPU adjuntas al modelo S7-400 se vería reemplazada por el siguiente modelo y sus características:

Especificaciones de la CPU 417-4

CPU y Firmware versión	
MLFB	6ES7417-4XT05-0AB0
Versión Firmware	V5.3
Paquete de programación asociado	A partir de la actualización de hardware

	STEP 7 V 5.3 SP2 +
Memoria	
Memoria de trabajo	
Integrado	15 MB para código 15 MB para datos
Memoria de carga	
Integrada	1.0 MB RAM
Expandible FEPRAM	Con tarjeta de memoria (FLASH) sube a 64 MB
Expandible RAM	Con tarjeta de memoria (RAM) sube a 64 MB
Copia de seguridad con batería	Sí, todos los datos
Tiempos de procesamiento típicos	
Operaciones de Bit	18 ns
Operaciones de palabra	18 ns
Aritmética de punto fijo	18ns
Aritmética de punto flotante	54 ns
Contadores y su remanencia	
Contadores S7	2048
Retentividad programable	desde C 0 hasta C 2047

Tabla N° 10: "Datos y especificaciones de la CPU 417-4"

En comparación a los modelos actuales de CPU que trabajan acoplados junto al S7-400 (CPU 414-2DP y CPU 414-1), el cambio más notorio presentado junto con la propuesta sería el aumento en la memoria de trabajo y en los tiempos de procesamiento típicos, los cuales ayudan notoriamente en la mejora de la propuesta junto con la fibra óptica para así poder soportar la velocidad de transmisión de datos, los datos comparados de los instrumentos se presenta en la siguiente tabla:

Datos	CPU 414-2DP/CPU 414-1	CPU 417-4
Memoria de trabajo		
integrado	512 KB para código 512 KB para datos	15 MB para código 15 MB para datos
Memoria de carga		
Integrado	512 KB RAM	1.0 MB RAM
Expandible FEPRM	Con tarjeta de memoria (FLASH) sube a 64 MB	Con tarjeta de memoria (FLASH) sube a 64 MB
Expandible RAM	Con tarjeta de memoria (RAM) sube a 64 MB	Con tarjeta de memoria (RAM) sube a 64 MB
Tiempos de procesamiento típicos		
Operaciones de Bit	45 ns	18 ns
Operaciones de palabra	45 ns	18 ns
Aritmética de punto fijo	45 ns	18ns
Aritmética de punto flotante	135 ns	54 ns

Tabla N° 11: "Datos y especificaciones comparadas de ambas CPU"

Con esta tabla comparativa entre las CPU actuales y la de la nueva propuesta, se hace notorio que la propuesta con la nueva CPU 417-4 aumenta en 2.5 veces la memoria de carga y los tiempos de procesamiento típicos para así poder soportar y manejar el aumento de velocidad de transmisión de datos que se haría presente el cambio del medio físico actual a fibra óptica.



4.4. Cambios de los procesadores de comunicaciones (CP).

Para las actualizaciones de CP necesarias, tanto para los PLC siemens S7400 y S7300 respectivamente, se proponen los siguientes instrumentos, primero para el modelo S7400 que actualmente trabaja con la CP 443-1 se dispone a hacer modificaciones por el modelo CP 443-1 advanced que posee las siguientes características:

Datos	CP 443-1 advanced
Tasa de transferencia	
Interfaz 1	10...1000 Mbits/s.
Interfaz 2	10...100 Mbits/s.
Número de interfaces/según industrial ethernet.	5
Número de conexiones eléctricas	
en la interfaz 1/según industrial ethernet.	1
en la interfaz 2/según industrial ethernet.	4
Tipo de conexiones eléctrica	
En la interfaz 1/según industrial ethernet.	Puerto RJ-45
En la interfaz 2/según industrial ethernet.	Puerto RJ-45

Tabla N° 12: "Datos y especificaciones de la CP 443-1 Advanced"

Para el cambio de los procesadores de comunicación, en comparación a los modelos actuales de CP que trabajan acoplados junto al S7-400 (CP 443-1), el cambio más notorio presentado junto con la propuesta sería el aumento en la velocidad de transferencia de datos de la interfaz 1 del instrumento, los datos comparados de los instrumentos actuales y de reemplazo se presenta en la siguiente tabla:

Datos	CP 443-1	CP 443-1 advanced
Tasa de transferencia		
Interfaz 1	10...100 Mbits/s.	10...1000 Mbits/s.
Interfaz 2	-----	10...100 Mbits/s.
Número de interfaces/según	1	5

industrial ethernet.		
Número de conexiones eléctricas		
en la interfaz 1/según industrial ethernet.	1	1
en la interfaz 2/según industrial ethernet.	-----	4
Tipo de conexiones eléctrica		
En la interfaz 1/según industrial ethernet.	Puerto RJ-35/AUI	Puerto RJ-45
En la interfaz 2/según industrial ethernet.	-----	Puerto RJ-45

Tabla N° 13: "Datos y especificaciones comparadas de ambas CP"

Otro de los cambios mostrados con el cambio de esta instrumentación, es que cuenta con 2 interfaces, siendo la primera de estas la que nos interesa en mayor medida ya que posee una tasa de transferencia que es 10 veces mayor en comparación al modelo ya existente en el proceso, un cambio significativamente mayor y el cual se buscaba dado que se harán cambios con respecto a la velocidad de transferencia de datos.

Para el modelo S7300 que actualmente trabaja con la CP 343-1 se dispone a hacer modificaciones por el modelo CP 343-1 advanced que posee las siguientes características:

Datos	CP 343-1 advanced
Tasa de transferencia	
Interfaz 1	10...1000 Mbits/s.
Interfaz 2	10...100 Mbits/s.
Número de interfaces/según industrial ethernet.	3
Número de conexiones eléctricas	
en la interfaz 1/según industrial ethernet.	1
en la interfaz 2/según industrial ethernet.	2

para alimentación	1
Tipo de conexiones eléctrica	
En la interfaz 1/según industrial ethernet.	Puerto RJ-45
En la interfaz 2/según industrial ethernet.	Puerto RJ-45

Tabla N° 14: "Datos y especificaciones de la CP 343-1 Advanced"

Para el cambio de los procesadores de comunicación, en comparación a los modelos actuales de CP que trabajan acoplados junto al S7-300 (CP 343-1), el cambio más notorio presentado junto con la propuesta sería el aumento en la velocidad de transferencia de datos de la interfaz 1 del instrumento, los datos comparados de los instrumentos actuales y de reemplazo se presenta en la siguiente tabla:

Datos	CP 343-1	CP 343-1 advanced
Tasa de transferencia		
Interfaz 1	10...100 Mbits/s.	10...1000 Mbits/s.
Interfaz 2	-----	10...100 Mbits/s.
Número de interfaces/según industrial ethernet.	1	3
Número de conexiones eléctricas		
en la interfaz 1/según industrial ethernet.	1	1
en la interfaz 2/según industrial ethernet.	-----	2

Tabla N° 15: "Datos y especificaciones comparadas de ambas CP del PLC Siemens S7300"

Otro de los cambios mostrados con el cambio de esta instrumentación (al igual que en el caso de la CP anterior mencionada del modelo S7400), es que cuenta con 2 interfaces, siendo la primera de estas la que nos interesa en mayor medida ya que posee una tasa de transferencia que es 10 veces mayor en comparación al modelo ya existente en el proceso, un cambio significativamente mayor y el cual se buscaba dado que se harán cambios con respecto a la velocidad de transferencia de datos.



4.5. SCADA

Cabe destacar la importancia del SCADA, que es el concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permitirá controlar y supervisar el proceso de colada continua en CAP.

La siderúrgica Huachipato, actualmente, tiene instalado un SCADA citect versión 5 conectado a los autómatas siemens ya nombrados y comunicado por Profibus DP y está instalada en un equipo obsoleto (con un sistema operativo windows NT)

Citect para windows, tenía la cuota dominante de mercado de software de interfaz de operador para PC. Por competencia citect desarrolló la versión 5 que contiene características destinadas a mantener el software en la vanguardia del mercado.

En cambio, Vijeo Citect es el componente operativo de Schneider Electric.

Con sus potentes capacidades de visualización y sus características operativas, que ofrece una visión más práctica y rápida, permitiendo que los operadores puedan responder rápidamente a las perturbaciones del proceso, lo que hace aumentar su eficiencia. Con sus herramientas de configuración fáciles de usar puede desarrollar rápidamente y poner en práctica soluciones para aplicaciones de cualquier tamaño.

4.5.1. Vijeo Citect v7.2

Proceso de instalación mejorado.

El proceso de instalación de Vijeo Citect ha sido mejorado para simplificar la operación y guiar al usuario a través de la instalación mediante el uso de Perfiles de instalación y la creación de selecciones predeterminadas de componentes. Si bien todavía permite una completa flexibilidad para los experimentados usuario, la complejidad y las múltiples rutas y opciones de instalación han sido muy reducido El instalador se ha mejorado para permitir la instalación de un tiempo de ejecución versión del producto. Esto permite que se instale el entorno de ejecución sin las herramientas del proyecto Vijeo Citect Integrated Environment. La instalación solo de tiempo de ejecución proporciona no solo una huella de instalación más pequeña, sino también la capacidad de configurar estaciones de trabajo que no permiten la configuración del proyecto. Esto mejora automáticamente el seguridad de la configuración del sistema.

Actualmente en la empresa cuentan con la versión de sistema scada citect 5.0, la cual ya esta descontinuada del mercado (obsoleta), con un total de 2500 tags ocupados en el proceso de colada continua.

En la cotización de la nueva versión que se espera emigrar, el costo por 75 tags es el de 1000 dólares, con un valor actual del dollar a \$634,01 pesos chilenos, dada esta tasa de conversión se llegaría a un valor total del sistema scada para los 2500 tags necesarios de US 33,333.33 lo cual traducido a pesos chilenos queda en **\$21.133.664,55.**

4.6. Resumen del capítulo.

En este capítulo se abordan los aspectos importantes para las propuestas de red realizadas, haciendo énfasis directamente en medios de transmisión físico de datos, también a su vez se proponen cambios tanto para las unidades centrales de procesamiento como para los procesadores de comunicación dependiendo de la propuesta, y también en aspecto general para las 3 propuestas se hace un cambio genérico de sistema SCADA, nombrando una actualización de la versión existentes en la red a una versión actualizada del mismo.

CAPITULO 5

5. Cotizaciones.

Dentro de los cambios necesarios para las modificaciones en la red para su mejora, hay que tener en cuenta de cuantos instrumentos están involucrados dentro de las subestaciones que son parte del proceso, las cuales se dará un listado de los elementos de trabajo involucrados en las áreas a continuación:

Planta de tratamiento de agua de colada continua palanquillas (WTP)

1 PLC Simatic S7-400 1 CP 443-1
1 CPU 414-2DP

Estación Diésel de emergencia (EDG)

1 PLC Simatic S7-300 1 CP 343-1

Estación de ajuste N°2 (LTU2)

1 PLC Simatic S7-400 1 CPU 414-1
1 CP 443-1
1 CP 441-1

PLC Común

1 PLC Simatic S7-400 1 CPU 414-2DP
1 CP 443-1
2 CP 441-2

Adicionalmente, se propone la incorporación de **10 transceptores SFP** media converter 10/100/100 entre los 3 procesos de interés donde se harán las modificaciones.

Dentro del recuento se encuentran los controladores lógicos programables, las unidades centrales de procesamiento y los procesadores de comunicación encargados de procesar y transmitir los datos desde las áreas ya mencionadas hacia el plc común, siendo de nuestro interés el reemplazo de los últimos 2 ya mencionados.

Para la cotización hecha para los instrumentos se presentan las siguientes opciones:



5.1. Transceptor conversión UTP a fibra óptica



Cotización N° 5379

Nombre:	CLIENTE	Fecha:	14/09/2017
Atención:	DAVIZ SAEZ	RUT:	1-9
Dirección:	AV EGAÑA 980	Forma pago:	Contado
Teléfono:		Moneda:	<u>Peso Chileno</u>
Correo:	<u>davsaez@alumnos.ubiobio</u>	Vendedor:	Viviana Montes S.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total Neto
SFP MEDIA CONVERTER 10/100/1000	UN	1.	30,244	30,244
Descuento				0
Total Neto				30,244
FLETE				
19% IVA				5,746
Total				35,990

Notas Comerciales

Observaciones :

Comercializadora E Industrial Triple E Ltda
www.triplee.cl
contacto@triplee.cl
 Rojas Magallanes 311, La Florida
 Fono 29050351
 RUT 76.283.577-0

Ilustración 46. Cotización SFP Media converter 10/100/1000 .
 Fuente: Respuesta cotización SFP Media converter 10/100/1000.

5.2. Cotización de instrumentos.

Ya mencionados los instrumentos anteriormente, se procede a realizar cotizaciones en distribuidoras o comercializadoras oficiales de los equipos propuestos.

Proyectos y Componentes de Ingeniería Industrial

Oleohidráulica, Neumática, Componentes Eléctricos, Equipos de Vacío y Presión, Ensayos No Destructivos, Instrumentación y Control de Procesos Industriales.



COTIZACION N° 210530

Fecha: 04/09/2017 **Núm. Operación :** **Sucursal :**

Cliente: UNIVERSIDAD DEL BÍO BÍO **Rut:** 60911006-6

Dirección: AV. COLLAO 1202 **Ciudad:** CONCEPCION

Contacto: DEPTO. ELECTRICIDAD **Fono:** 261200 **Fax:** 0

E-mail: 0

Válida Hasta: 04/10/2017 **Forma de pago:** **Orden de Compra 30 Días**

#	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	6ES7417-4XT05-0AB0 SIMATIC S7-400, CPU 417-4 CENTRAL PROCESSING UNIT	1	13.160.276	\$ 13.160.276
1	6BK7443-1GX30-0XE0 SIMATIC NET CP 443-1 ADVANCED 1X 10/100/1000 MBIT/S	1	2.377.316	\$ 2.377.316
1	6BK7343-1GX31-0XE0 SIMATIC NET CP 343-1 ADVANCED PARA CONECTAR CPU SIMATIC S7-300 A IND. ETHERNET	1	1.887.869	\$ 1.887.869

Importadora Técnica Vignola S.A. Rut: 93.075.000-K.

Observación:
ENTREGA EN 5 SEMANAS.
SALVO VENTA PREVIA.

Neto	\$ 17.425.481
Impuesto	\$ 3.310.838
Total	\$ 20.736.299

Vendedor: Jose Luis Coronado **Celular:** 

E-Mail: jcoronado@vignola.cl **Fono:** (41)2105434

Ilustración 47. Cotización de CPU 417-4, CP 443-1, CP 343-1.

Fuente: Respuesta a cotización de CPU 417-4, CP 443-1, CP 343-1.

Considerando esta cotización, es posible persistir con las unidades centrales de procesamiento actuales (CPU 414-2 y CPU 314-1). En base a esto, solamente se hará el cambio de los procesadores de comunicación y transceiver, para obtener un proyecto rentable en cuanto a inversiones y optimizaciones.

5.3. Cotización cable de fibra óptica.

Tradeisay Curibanca # 798 San Miguel, Santiago F: 2 25569465 2 25513641						
COTIZACION						
DE: Alexis Perez P. REF.: E-MAIL: aperez@tradeisay.com Nº: 249		 PARA Sr(a): Felipe Henriquez EMPRESA: Particular F: E-MAIL: felhenri.d@gmail.com FECHA: 17-08-2017				
						
ITEM	CANTIDAD	UN. MED.	DESCRIPCION	V. UNITARIO	SUB-TOTAL	PLAZO ENTREGA
1	4000	UN	ISAY Fibra Troncal 12 filamento Fig. 8 G652D Carrete 4000 MT	\$511	\$2.044.000	INMEDIATA
						
				NETO:	\$ 2.044.000	
				TOTAL:	\$ 2.432.360	
Valores unitarios no incluyen IVA. Mercadería se entrega en nuestra bodega o despacho dentro de Santiago Entrega, se indica en cada ítem, COTIZACION NO ASEGURA MATERIAL Forma de pago, al día Precio y condiciones sujeto a disponibilidad de stock						
Atentamente Alexis Pérez						

Ilustración 48. Cotización por metro de fibra óptica a utilizar.
Fuente: Respuesta Cotización por metro de fibra óptica a utilizar.

Adecuando esta cotización a lo que ocuparemos realmente en base a las medidas ya realizadas y estipuladas en detalle se tiene que por metro de fibra óptica el costo es de \$511 pesos.

5.4. Resumen del capítulo.

En este capítulo se presentan las cotizaciones necesarias para la realización de las propuestas, en detalle se muestran en ilustraciones el documento recibido por los distintos distribuidores para así lograr un presupuesto real a las distintas propuestas presentadas.

CAPITULO 6

6. Propuestas para cambios en la red

Dentro de los cambios pensados para las propuestas, se piensa dar 3 ofertas de propuesta con sus cambios respectivos y costos en base a las cotizaciones presentadas previamente, de las cuales se da el detalle de cada una a continuación:

6.1. Propuesta 1.

Para esta propuesta se consideran hacer cambios ya sea de las cpu, cp, agregar los transceptores ópticos para conversión de medio, y también el modificar parte de la red con topología del tipo anillo redundante para las subestaciones en las cuales están enfocadas los cambios. Para estos cambios el valor aproximado sería el siguiente:

Equipo a agregar	Cantidad	Costo (pesos)
cp 443-1 advanced	6	\$ 14.263.896
cpu 417-4	3	\$ 39.480.828
cp 343-1 advanced	1	\$ 1.887.869
SFP Media converter 10/100/1000	10	\$ 302.440
	neto	\$ 55.935.033
	impuesto	\$ 10.627.656,27
	total	\$ 66.562.689,27

Tabla N°16: "Cantidad y costo de los instrumentos para propuesta 1".

Con respecto al valor por los metros de fibra óptica, se resumen de la siguiente manera:

Descripción	Distancia [m]	Aplicando 5% excedente
planta de agua hasta Central Multi Lan Switch	236,08 [m]	247,88 [m]
planta diesel hasta Central Multi Lan Switch	158,65[m]	166,58[m]
estación de ajuste N°2 (LTU2) hasta Central Multi Lan Switch	226,19[m]	237,49[m]

Tabla N°17: "Metros de fibra óptica a ocupar en cada trayecto de estaciones".

Aproximando al entero los valores de las mediciones con el excedente del 5% ya aplicado y sumando las distancias totales para la cotización de la fibra óptica, daría como resultado:

Descripción	Distancia con 5% excedente (en metros)
planta de agua hasta Central Multi Lan Switch	248 [m]
planta diesel hasta Central Multi Lan Switch	167[m]
estación de ajuste N°2 (LTU2) hasta Central Multi Lan Switch	238[m]
Total de las mediciones	653[m]

Tabla N°18: "Valor por metro de fibra óptica en cada trayecto de estación".

De los cuales esos 653[m] de fibra óptica se ve traducido en valor por metro de \$511 con un total de \$333.683 pesos neto, y con el impuesto aplicado se llega a un total cotizado en fibra de **\$397.082,77**

Ya con los valores cotizados de la fibra óptica, instrumentación y sistema scada, se tiene la cifra total de la propuesta a continuación:

Descripción	Valor (pesos chilenos)
Instrumentación	\$ 66.562.689,27
Fibra óptica	\$ 397.082,77
Sistema scada (Vijeo citect v7.2)	\$ 21.133.664,55
Total	\$ 88.093.436,54

Tabla N°19: "Valor total de la propuesta en pesos chilenos"

La propuesta N°1 queda en un total de poco más de 88 millones de pesos, lo cual resulta un valor considerable, enfocado fuertemente en el aumento de precio dado por el costo de las cpu que se incorporaron en esta propuesta.

Las modificaciones a la red se muestran a continuación en el siguiente plano:

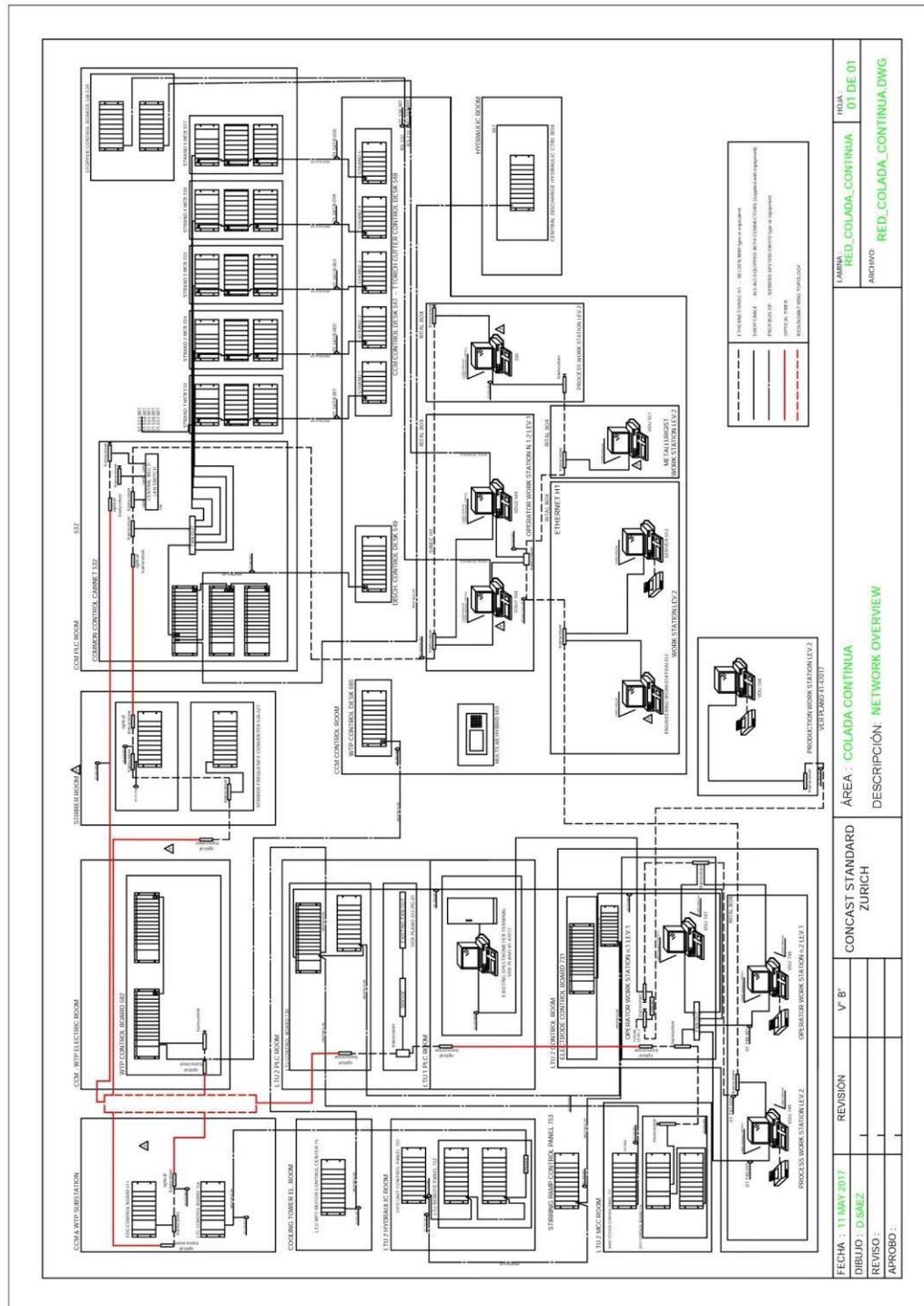


Ilustración 49. Modificación a la red topología anillo con fibra óptica y transceptores.
Fuente: Autocad (2015). Modificación a plano actual de la red para una red topología anillo con fibra óptica y transceptores.

Las modificaciones hechas a la red actual en el proceso se ven en el plano anterior, siendo representada con la línea roja los trazos de fibra óptica a reemplazar por el cableado de comunicación ya existente y también con la incorporación (mostrando la ubicación en el plano) de los transceptores ópticos necesarios para las conversiones. En la sección de línea roja punteada se plantea la incorporación de una topología de tipo anillo donde se interconectan los equipos involucrados en las subestaciones de interés, con dicha configuración se eliminarían los problemas de colisión de datos lo cual es una característica propia en este tipo de topología.

6.2. Propuesta 2.

Para esta propuesta se consideran hacer cambios de las cp, agregar los transceptores ópticos para conversión de medio, y también el conservar parte de la red con topología del tipo bus pero con la sustitución de medio por fibra óptica para las subestaciones en las cuales están enfocadas los cambios. Para este caso se enfoca netamente en mejorar la velocidad de transmisión de datos pero sin agregar las cpu a las modificaciones y por ende no se mejoraría el procesamiento de la información, solamente se vería modificada la velocidad de los datos (problema de fondo a tratar), ya que con la incorporación de las cpu el costo de la propuesta 1 es muy elevado y se trata de aterrizar con esta propuesta a una solución más factible y económica para la empresa

Para estos cambios el valor aproximado sería el siguiente:

Equipo a agregar	Cantidad	Costo (pesos)
cp 443-1 advanced	6	\$ 14.263.896
cp 343-1 advanced	1	\$ 1.887.869
SFP Media converter 10/100/1000	10	\$ 302.440
	neto	\$ 16.454.205
	impuesto	\$ 3.126.298,95
	total	\$ 19.580.503,95

Tabla N°20: "Cantidad y costo de los instrumentos para propuesta 2".

Con respecto al valor por los metros de fibra óptica, se resumen de la siguiente manera:

Descripción	Distancia [m]	Aplicando 5% excedente
planta de agua hasta Central Multi Lan Switch	236,08 [m]	247,88 [m]
planta diesel hasta Central Multi Lan Switch	158,65[m]	166,58[m]
estación de ajuste N°2 (LTU2)hasta Central Multi Lan Switch	226,19[m]	237,49[m]

Tabla N°21: “Metros de fibra óptica a ocupar en cada trayecto de estaciones”.

Aproximando al entero los valores de las mediciones con el excedente del 5% ya aplicado y sumando las distancias totales para la cotización de la fibra óptica, daría como resultado:

Descripción	Distancia con 5% excedente (en metros)
planta de agua hasta Central Multi Lan Switch	248 [m]
planta diesel hasta Central Multi Lan Switch	167[m]
estación de ajuste N°2 (LTU2)hasta Central Multi Lan Switch	238[m]
Total de las mediciones	653[m]

Tabla N°22: “Valor por metro de fibra óptica en cada trayecto de estaciones”.

De los cuales esos 653[m] de fibra óptica se ve traducido en valor por metro de \$511 con un total de \$333.683 pesos neto, y con el impuesto aplicado se llega a un total cotizado en fibra de **\$397.082,77**



Ya con los valores cotizados de la fibra óptica, instrumentación y sistema scada, se tiene la cifra total de la propuesta a continuación:

Descripción	Valor (pesos chilenos)
Instrumentación	\$ 19.580.503,95
Fibra óptica	\$ 397.082,77
Sistema scada (Vijeo citect v7.2)	\$ 21.133.664,55
Total	\$ 41.111.251,27

Tabla N°23: "Cifra total de la propuesta en pesos chilenos".

La propuesta N°2 queda en un total de poco más de 41 millones de pesos, resultando ser esta opción más económica que la anterior pero no haciendo el cambio de las cpu que se proponen en la opción anterior, y trabajando con las cpu ya existentes dentro del proceso.

Las modificaciones a la red se muestran a continuación en el siguiente plano:

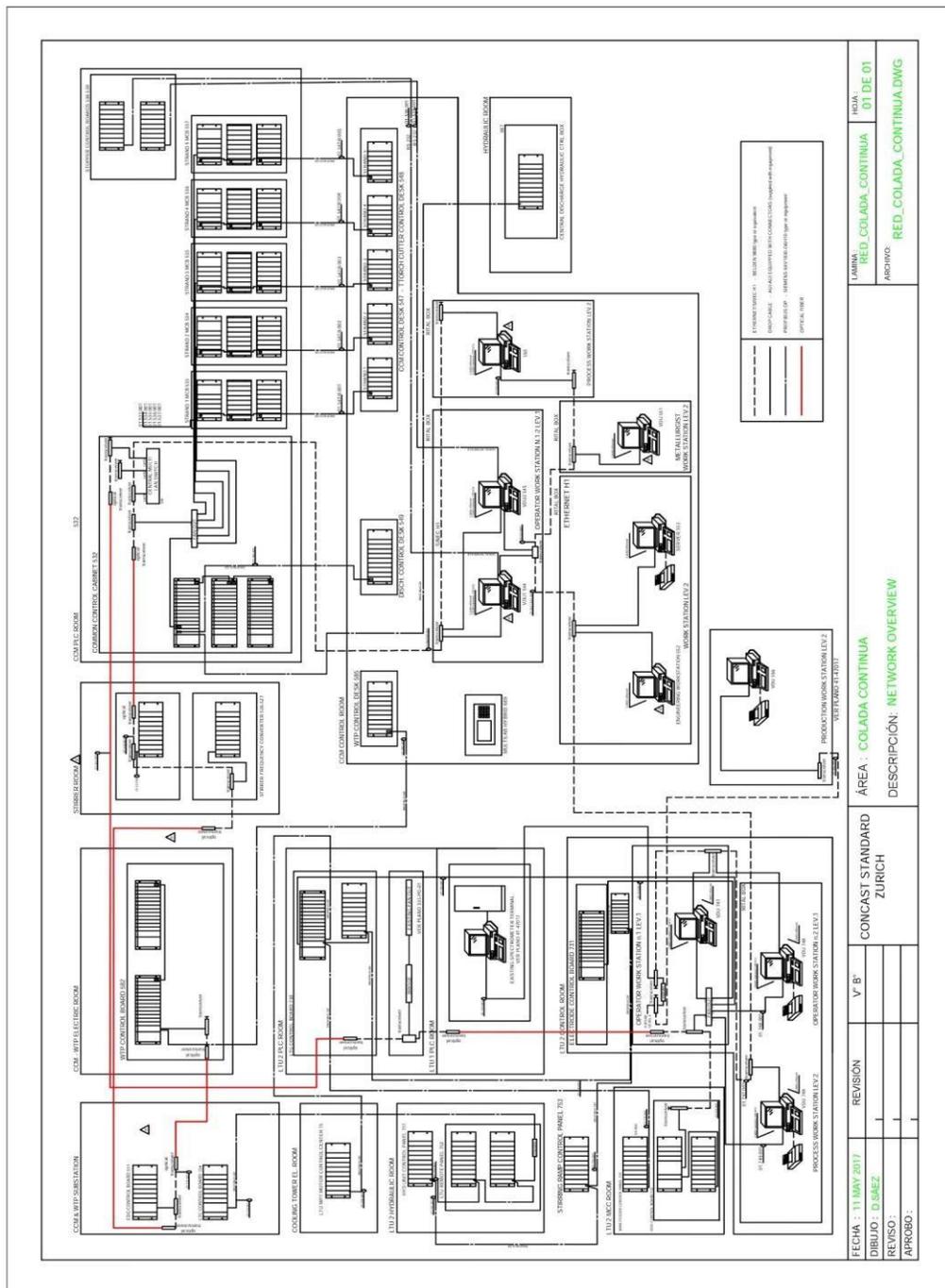


Ilustración 50. Modificación a la red topología bus con fibra óptica y transceptores.
Fuente: Autocad (2015). Modificación a red actual ante una topología bus con fibra óptica y transceptores.

Las modificaciones hechas a la red actual en el proceso se ven en el plano anterior, siendo representada con la línea roja los trazos de fibra óptica a reemplazar por el cableado de comunicación ya existente y también con la incorporación (mostrando la ubicación en el plano) de los transceptores ópticos necesarios para las conversiones.

6.3. Propuesta 3.

Para esta propuesta se requiere mantener la misma topología de red actual, que en este caso sería la topología de tipo bus que sostiene la empresa CAP. Además de mantener la red tipo bus, se mantienen los instrumentos actuales de la empresa que serían los procesadores de comunicación, las unidades centrales de procesamiento y los transceptores convertidores de cable AUI a UTP y se procede a proponer cambios en el SCADA y sistema operativo, pero a su vez y el cambio importante en esta propuesta sería agregar un switch en los trayectos con deficiencias de comunicación para acelerar este proceso y no ocurran pérdidas de información.

Para agregar este switch se requiere la cotización del instrumento para la mejora de la falla, que en caso contrario a las dos propuestas anteriores es un mejoramiento de falla y no una propuesta más elaborada, por lo tanto, esta mejora tendrá un valor mucho menor que las demás, ya que se tendrá presente los valores del switch y del SCADA solamente.

6.3.1. 24 Port 10/100Mbps + 4G TP / SFP Combo L2/L4 Industrial Managed Switch



Ilustración 51. Switch cotizado para propuesta 3.

Fuente: Importación de repuestos industriales, instrumentación y electrónica, empresa chilena zona industrial. Cotización Switch. Recuperado de <http://www.zonaindustrial.cl>.

Especificaciones de Hardware	
Puertos de cobre 10/100 Mbps	Puertos 24x10/ 100Base-TX RJ-45 Auto MDI/ MDI-X
Puertos de cobre 1000 Mbps	Puertos RJ-45 Auto MDI/ MDI-X de 4 x 10/100/1000 Mbps
Slots SFP / mini-GBIC	4 x 1000Base-SX/ LX/ BX, compartido con puerto-25 ~ 28, Puerto-25, Puerto-26 compatible con 100Base-FX SFP
Switch architecture	Store and Forward
Switch Fabric	12.8 Gbps / non-blocking
Switch Throughput	9.52 Mpps @64 bytes
Adress Table	8k entries
Share Data Buffer	2 Mbits
Flow Control	Back pressure for half-duplex IEEE 802.3x pause frame for full-duplex
Led	Power, Link/ Act and Speed Per Port
Reset Button	< 5 sec: System Reboot > 10 sec: Factory Default
Dimension (W x D x H)	440 x 200 x 44 mm, 1U height
Weigth	2.8 Kg
Power Requirements	Redundant Power System: 12~48V DC and 100 ~ 240V AC

Tabla N°24: "Datos Técnicos Switch propuesto".

El valor de la cotización del switch quedaría de la siguiente manera:

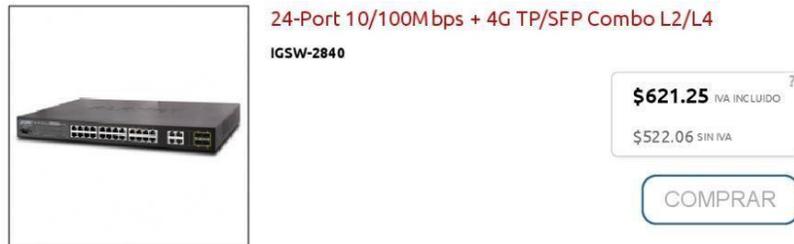


Ilustración 52. Valor de Switch cotizado para propuesta 3.

Fuente: Importación de repuestos industriales, instrumentación y electrónica, empresa chilena zona industrial. Cotización Switch. Recuperado de <http://www.zonaindustrial.cl>.

Ya teniendo la descripción técnica del switch y los requerimientos de esta propuesta, se tiene la cifra total de esta propuesta:

Descripción	Valor (Pesos chilenos)
Instrumentación (Switch)	\$ 394.878
Sistema scada (Vijeo citect v7.2)	\$ 21.133.664,55
Total	\$ 21.528.542,55

Tabla N°25: "Cifra total de la propuesta en pesos chilenos".

Las modificaciones en el plano de la red son las siguientes:

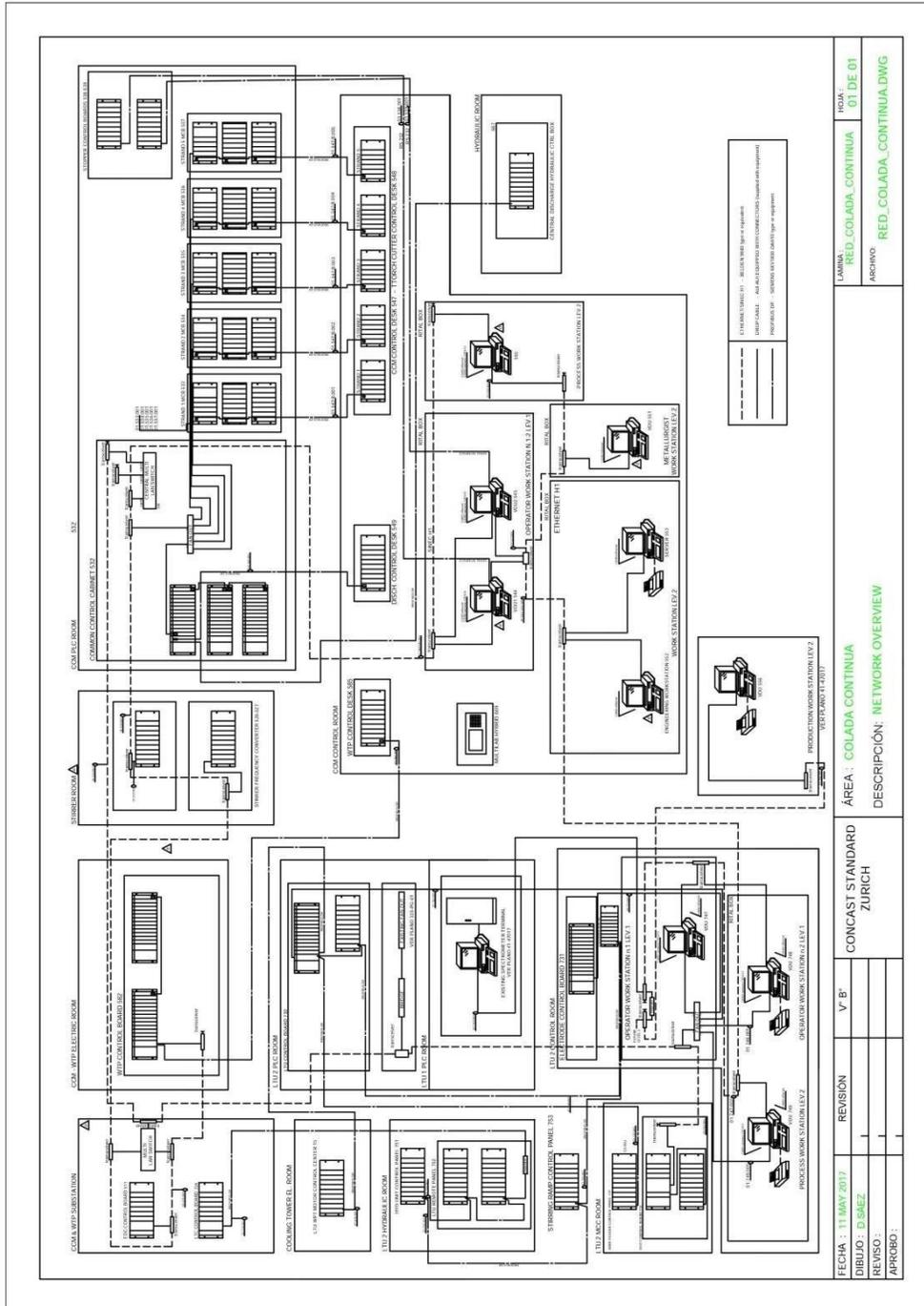


Ilustración 53. Modificación a la topología de red bus con switch para evitar colisiones.
Fuente: Autocad (2015). Modificación a la red actual ante topología de bus con switch para evitar colisiones.



6.4. Resumen del capítulo.

En este capítulo se presentan las 3 propuestas realizadas mediante el estudio de modernización para el proceso de colada continua, se da en detalle los cambio en topología de red, medios físicos, e instrumentación necesaria para el funcionamiento y aumento de la velocidad en la transmisión de datos, también se presenta en detalle un costo total de lo que implicaría optar por cualquiera de las 3 opciones aterrizando el precio a una realidad actual. Cabe destacar que se adjuntan en todas las propuestas una modificación en su topología de red representada mediante planos modificados para así aclarar los cambios en los medios físicos y por donde se transmitirán en el ambiente físico de la empresa.



CAPITULO 7

7. Factibilidad económica.

Para el estudio de factibilidad económica para cada una de las 3 propuestas se definen los siguientes factores económicos importantes:

La planta de colada continua produce cada 45 minutos 100 toneladas de producto. Precio por tonelada de palanquilla: 350\$ (US).

Al día se producen 3200 toneladas.

Ganancia por día traducida en dólares: 1.120.000\$ (US). Traducido a pesos chilenos la ganancia por día: \$710.703.056. Perdidas por fallas al mes (2 días): \$1.421.406.112.

Estimación de beneficios al disminuir los problemas con implementación: \$710.703.056.

*Valor del dólar a la fecha (03-11-2017): \$634.56.

Tabla de flujo propuesta 1

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Costos		-88.093.436,54	-88.093.436,54	-88.093.436,54	-88.093.436,54	-88.093.436,54
Beneficios		+710.703.056	+710.703.056	+710.703.056	+710.703.056	+710.703.056
Utilidad neta		+622.609.619,5	+622.609.619,5	+622.609.619,5	+622.609.619,5	+622.609.619,5
Inversión inicial	-88.093.436,54					
Flujo de caja	-88.093.436,54	+622.609.619,5	+622.609.619,5	+622.609.619,5	+622.609.619,5	+622.609.619,5

Tabla N°26: "Flujo de propuesta 1 en pesos chilenos".

Calculo de VAN

$$VAN = -I \cdot \sum_i^n \frac{B-C}{(1+r)^i}$$

$$VAN = -88.093.436,54 \left[\frac{622.609.619,5}{(1+0,1)} + \frac{622.609.619,5}{(1+0,1)^2} + \frac{622.609.619,5}{(1+0,1)^3} + \frac{622.609.619,5}{(1+0,1)^4} + \frac{622.609.619,5}{(1+0,1)^5} \right]$$

$$VAN = 207.916.394.200.000.000$$

Con un valor del VAN positivo obtenidos mediante la información previamente entregada se



puede concluir que el proyecto es económicamente viable ejecutarlo.

Tabla de flujo propuesta 2

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Costos		-41.111.251,27	-41.111.251,27	-41.111.251,27	-41.111.251,27	-41.111.251,27
Beneficios		+710.703.056	+710.703.056	+710.703.056	+710.703.056	+710.703.056
Utilidad neta		+669.591.804,7	+669.591.804,7	+669.591.804,7	+669.591.804,7	+669.591.804,7
Inversión inicial	-41.111.251,27					
Flujo de caja	-41.111.251,27	+669.591.804,7	+669.591.804,7	+669.591.804,7	+669.591.804,7	+669.591.804,7

Tabla N°27: "Flujo de propuesta 2 en pesos chilenos".

Calculo de VAN

$$VAN = -I \cdot \sum_{t=1}^n \frac{B - C}{(1 + r)^t}$$

$$VAN = -88.093.436,54 \left[\frac{669.591.804,7}{(1+0,1)} + \frac{669.591.804,7}{(1+0,1)^2} + \frac{669.591.804,7}{(1+0,1)^3} + \frac{669.591.804,7}{(1+0,1)^4} + \frac{669.591.804,7}{(1+0,1)^5} \right]$$

$$VAN = 223.605.786.400.000.000$$

Con un valor del VAN positivo obtenidos mediante la información previamente entregada se puede concluir que el proyecto es económicamente viable ejecutarlo.

Tabla de flujo propuesta 3

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Costos		-21.528.542,55	-21.528.542,55	-21.528.542,55	-21.528.542,55	-21.528.542,55
Beneficios		+710.703.056	+710.703.056	+710.703.056	+710.703.056	+710.703.056
Utilidad neta		+689.174.513,5	+689.174.513,5	+689.174.513,5	+689.174.513,5	+689.174.513,5
Inversión inicial	-21.528.542,55					
Flujo de caja	-21.528.542,55	+689.174.513,5	+689.174.513,5	+689.174.513,5	+689.174.513,5	+689.174.513,5

Tabla N°28: "Flujo de propuesta 3 en pesos chilenos".

Calculo de VAN

$$VAN = -I \cdot \sum_{i=1}^n \frac{B - C}{(1+r)^i}$$

$$VAN = -88.093.436,54 \left[\frac{689.174.513,5}{(1+0,1)} + \frac{689.174.513,5}{(1+0,1)^2} + \frac{689.174.513,5}{(1+0,1)^3} + \frac{689.174.513,5}{(1+0,1)^4} + \frac{689.174.513,5}{(1+0,1)^5} \right]$$

$$VAN = 230.145.303.500.000.000$$

Con un valor del VAN positivo obtenidos mediante la información previamente entregada se puede concluir que el proyecto es económicamente viable ejecutarlo.

Cabe destacar que para las 3 propuestas se ha proyectado un cálculo y recuperación a futuro en base a 5 años para ver cómo se comporta la inversión inicial al paso del tiempo. Se ha obtenido para todos los casos un valor de VAN positivo, confirmando de esta manera que todas las propuestas son financieramente factible para su posterior ejecución.

8. Conclusión

Los alcances obtenidos en el desarrollo de este proyecto se alinean en conjunto a los objetivos propuestos, a continuación se contrastan de la siguiente manera:

Objetivo general del proyecto:

Realizar el estudio de modernización del sistema de control y supervisión de Colada Continua Palanquillas en planta Huachipato.

La importancia de este proyecto es relevante para la empresa, ya que para estar a la vanguardia con las competencias en el área de la siderúrgica a nivel mundial es necesaria la actualización de la red, y también para solucionar problemáticas manifestadas en la red de la colada continua, tanto en su topología como instrumentación utilizada en el proceso.

Antes de la adjudicación del proyecto se solicitaba la realización de 3 propuestas sólidas para la modernización y supervisión del proceso necesaria, la cual respaldada con los estudios de factibilidad técnica realizados, planificación en las modificaciones de la red y cotización de la instrumentación necesaria para lograrlo, se ha concretado lo solicitado para poder finalizar este seminario de título otorgado por CAP acero.

Objetivos específicos del proyecto:

Realizar una investigación acerca de los procesos actuales de la empresa, así también de las tecnologías que utiliza y de conocimientos en control industrial para abarcar el desarrollo del proyecto.

La investigación y estudio a fondo del proceso fue asistida por manuales específicos de operación de cada área y parte involucrada en la manufactura de las palanquillas, este material fue provisto por parte del área de mantenimiento de la colada continua, complementada así también por visitas guiadas en terreno para así tener una visión aterrizada de lo que se estaba estudiando. Esta etapa del proyecto fue la base para tener una comprensión clara y concisa de lo que se iba a trabajar para poder realizar las mejoras y modernización tecnológicas.

Supervisar el proceso para llevar un registro de los datos el cual actualmente no poseen para que sea de forma útil a futuro para la mejora del proceso.

Esto se ve logrado con la migración del sistema SCADA citect actual que poseen (versión 5.0 la cual se encuentra descontinuada y obsoleta) a una versión de SCADA vijeo citect v7.2 que presenta mejores prestaciones a las necesidades del proceso.

Realizar el estudio para proponer modernización involucrando un cambio en los controladores lógicos programables (PLC) en la etapa de colada continua.



Luego de una reevaluación de las modificaciones en la instrumentación del proceso, se decidió mantener los PLC modelo siemens S7-300 y S7-400 involucrados en el proceso, ya que se hizo enfoque en el reemplazo de los módulos acoplados a estos, los cuales representaban una importancia mayor a las mejoras esperadas, siendo el cambio importante realizado en los procesadores de comunicación y las unidades centrales de procesamiento que trabajan acoplados a los PLC ya mencionados.

Como apreciación personal, la realización de este seminario de título nos ha ayudado a tener una visión cercana de lo que consiste un proyecto de ingeniería realizado en un ambiente industrial, llevando también los conocimientos adquiridos en los años de estudio a una realidad ajustada al desarrollo en una importante empresa de la región. El ambiente y colaboración con todas las personas que nos brindaron ayuda en el área de mantención fue con la mejor disposición y voluntad posibles, todo apuntando a lograr la creación de las propuestas presentadas y así finalizar con los trabajos asignados. Y como última acotación, esta experiencia nos ha ayudado a crecer y desarrollarnos como futuros ingenieros logrando superar los obstáculos presentados durante todo este trayecto, siendo esta una de las más enriquecedoras experiencias como base a lo que se proyecta hacer a futuro.



9. Bibliografía

[1] Manuales de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas, Huachipato CAP Acero.

[2] Información sobre productos, objetivos y visión de la empresa.

<http://www.capacero.cl/productos.htm>

[3] Información acerca del sistema scada.

<https://www.citect.schneider-electric.com/scada/citectscada>

[4] Libro buses de campo, Editorial Control S.R.L.

[5] Libro comunicaciones industriales, Ediciones técnicas marcombo.

[6] Fichas técnicas de instrumentos Siemens y soporte industrial online.

<https://support.industry.siemens.com/cs/start?lc=es-ES>

[7] Cotización y contacto de transeptores ópticos.

<http://www.triplee.cl/>

[8] Proyectos y componentes de ingeniería industrial, Vignola.

Contacto vendedor: jlcoronado@vignola.cl

[9] Tradeisay Telecomunicaciones, cotización fibra óptica.

Contacto vendedor: aperez@tradeisay.com.

[10] Guia técnica e instalación HP advanceStack Switch 2000.

[11] Installation guide Multiports repeater *CentreCOM 3016SL* Allied Telesyn International.

[12] Importación de repuestos industriales, instrumentación y electrónica, empresa chilena Zona Industrial. Cotización Switch.

<http://www.zonaindustrial.cl/product/igsw-2840>

10. Anexo

Descripción del panel de operadores de molde (MOP), de cada línea de producción de palanquillas:

Antes de pasar a la descripción detallada de cada parte del proceso de colada continua se debe definir primero cómo se puede controlar en el panel cada línea de producción de palanquillas.

A continuación se describen los pulsadores encargados de los distintos procesos en las líneas de colada para el llenado de acero y su numeración está mostrada a continuación:

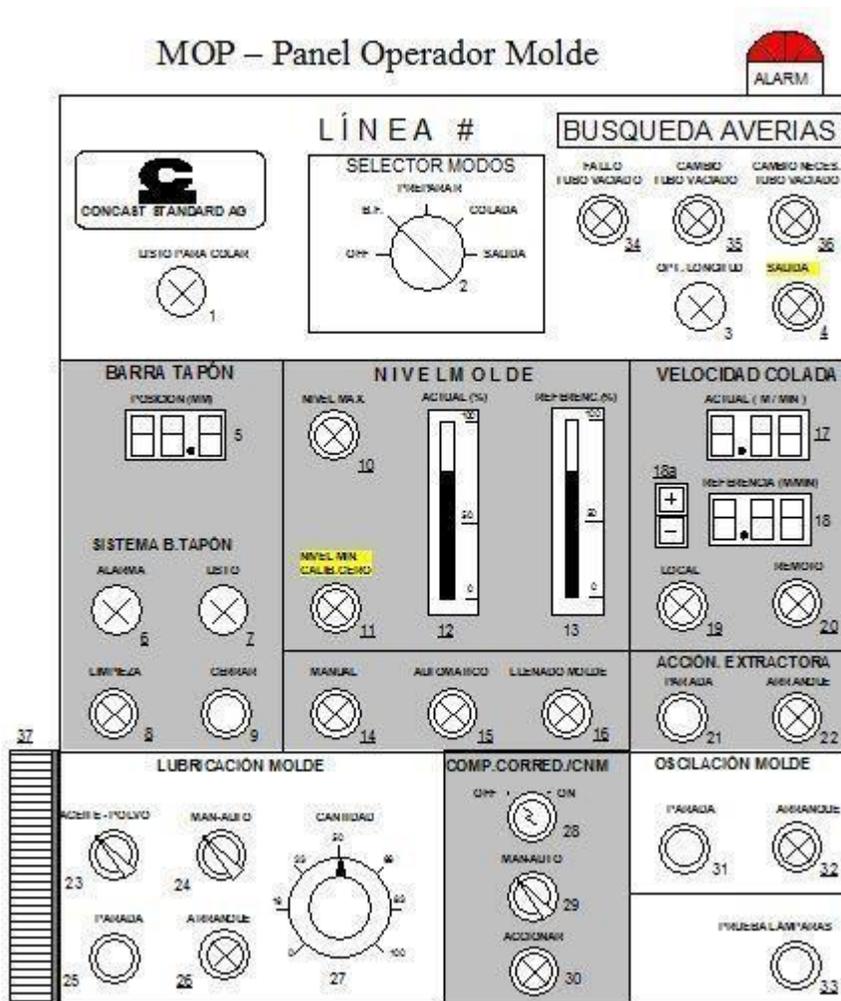


Ilustración 54. Panel de operación de molde.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

A continuación se describe en detalle los distintos pulsadores que se encuentran disponibles en el panel de operación de molde (MOP):

- 1 [5] indicador digital, 3-dígitos, +/- xx.x mm, para indicar el valor actual de la "posición barra tapón".
- 1 [6] Lámpara de señalización "Alarma" (roja). 1 [7] Lámpara de señalización "Listo" (verde). 1 [8] Pulsador luminoso "Limpieza" (amarillo).
- 1 [9] Pulsador "Cerrado" (negro, saliente).
- 1 [10] Pulsador luminoso "Nivel máx. / calibrado" (rojo).
- 1 [11] Pulsador luminoso "Nivel mín. / puesta en cero" (rojo).
- 1 [12] Indicador por gráfico de barras, 0-100 %, para indicar el "Nivel actual" del molde.
- 1 [13] Indicador por gráfico de barras, 0-100 %, para indicar el "Nivel definido" del molde.

En modo manual el valor de referencia es visualizado desde la VDU de la barra tapón

En modo automático se visualiza el valor de referencia actual de la función del controlador activada

- 1 [14] Pulsador luminoso "Manual" (verde).
- 1 [15] Pulsador luminosos "Auto" (verde).
- 1 [16] Pulsador luminoso "Llenado molde" (verde).
- 1 *17+ Indicador digital de 3 dígitos, x.xx m/min, para indicar el valor de "velocidad actual". 2 [18a] Botones cuadrados "Velocidad definida +/-" (negros).
- 1 [18] Indicador digital de 3 dígitos, x.xx m/min, para indicar el valor de "velocidad definida".
- 1 [19] Pulsador luminoso "Velocidad local" (blanco). Configurada desde el MOP.
- 1 [20] Pulsador luminoso "Velocidad control remoto" (blanco). Configurada desde la VDU.
- 1 [21] Pulsador "Parada" (negro, saliente).
- 1 [22] Pulsador luminoso "Arranque" (verde).
- 1 *28+ Selector de llave "Compuerta corredera/MBC" On – Off.
- 1 *29+ Selector "Compuerta corredera/MBC" Manual - Automático. 1 *30+ Pulsador luminoso "Compuerta corredera/CNM" Activada.
- 1 [33] Pulsador "Prueba lámparas" (negro, empotrado).



La VDU que controla la barra tapón ubicada en la sala de mando se compone de los elementos siguientes:

1 Visualización Display Unit (VDU) ó Unidad de visualización: El sistema está constituido por un pupitre tipo PC, provisto de un monitor (17"), teclado, impresora y cable de interconexión con el PLC. El sistema será utilizado por los operadores y técnicos para las operaciones de control y monitoreo del proceso.

1 Alarma e impresora de eventos con cable de interconexión a la VDU de control de la barra tapón.

Lubricación del Molde - Dosificación del aceite

Para colar con buzas dosificadoras es necesario lubricar el tubo del molde con aceite especial para garantizar una buena calidad superficial y las características de colada. Se ha previsto un sistema de lubricación para bombear una determinada cantidad de aceite a cada molde. El flujo de aceite es separado en el molde en cuatro partes y es enviado a cada lado de la sección cuadrada del molde, este tiene en la pared una ranura especial que distribuye el aceite por todas las caras del molde.

El sistema de lubricación de aceite está constituido por un tanque de aceite común sobre el cual se instala un grupo de bombas de engranajes motorizadas por línea y la instrumentación necesaria para monitorear el sistema. Cada motor es accionado por un convertidor de frecuencia montado en los armarios eléctricos de las líneas instalados en la sala eléctrica.

El tanque común está equipado con un indicador de nivel visual y con interruptores de nivel para detectar el nivel de aceite bajo y mínimo. En el tanque se instala un sistema de calentamiento controlado por termostato para mantener el aceite con una viscosidad mínima.

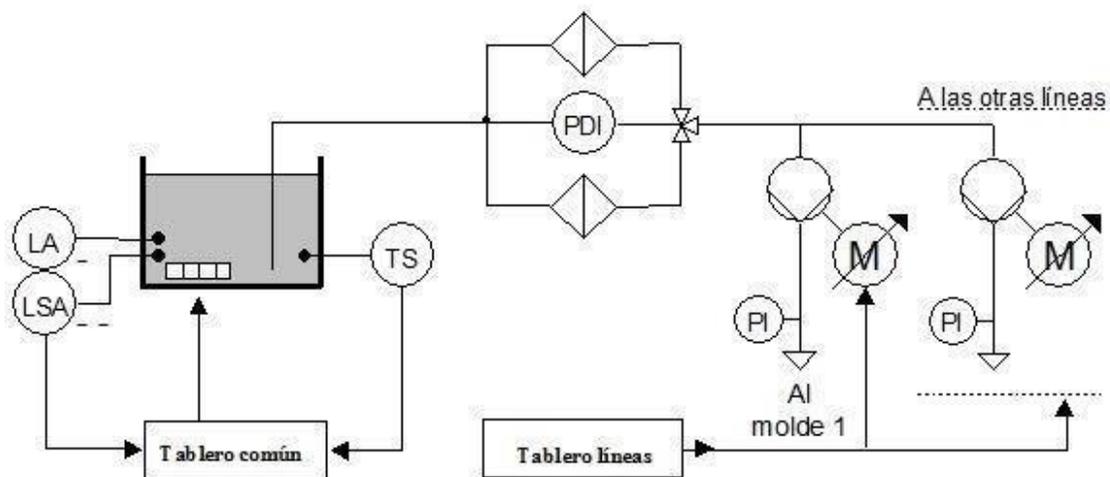


Ilustración 55. Sistema de dosificación/lubricación con aceite para los moldes.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Lubricación del Molde - Alimentador del polvo

Para poder colar en el molde utilizando buzas sumergidas es necesario agregar polvo de cobertura que forme una capa de escoria y así aislar el acero del aire. El polvo es enviado desde contenedores individuales por medio de una válvula de dosificación instalada en el carro portaartesa de cada línea.

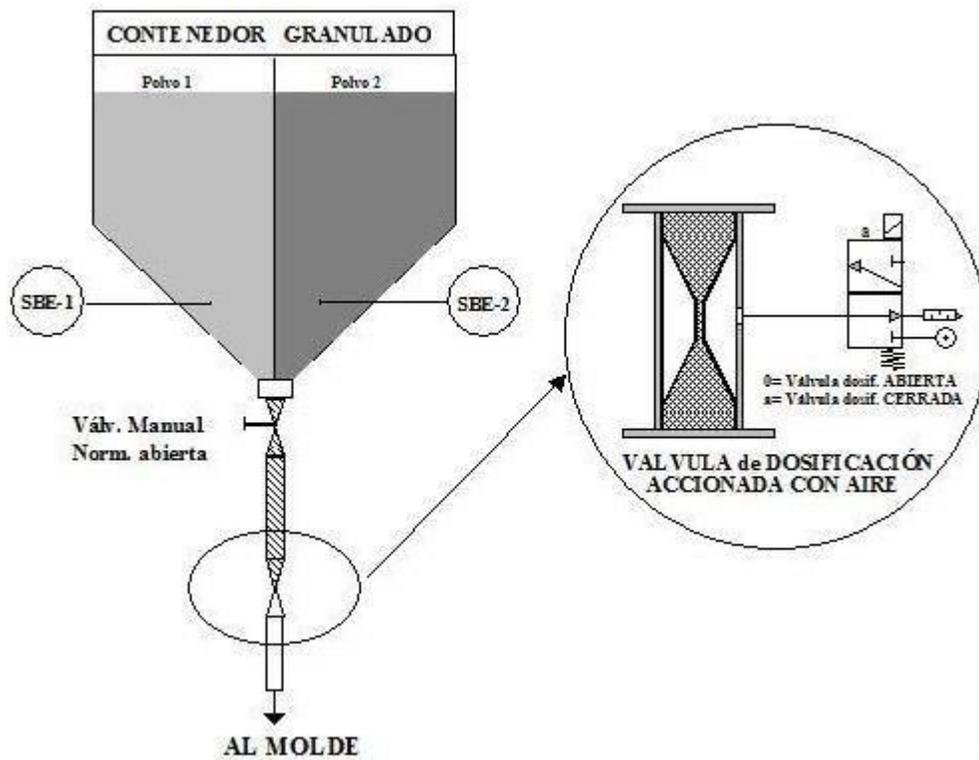


Ilustración 56. Forma de aplicación de polvo al molde.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de planquillas. Huachipato CAP Acero.

Almacenamiento de la barra falsa rígida

El sistema de almacenamiento de la barra falsa está constituido por una estructura de acero por la que la barra falsa rígida puede ser bajada y subida a la posición de estacionamiento.

El sistema de accionamiento está formado por un motorreductor, con freno incorporado, que acciona el rodillo de arrastre de la barra falsa. El motorreductor es controlado por un convertidor de frecuencia.

El rodillo de arrastre de la barra falsa es presionado continuamente contra el recorrido radial de la barra falsa por acción de un mecanismo de resortes. La barra falsa es conducida únicamente ejerciendo presión sobre ella contra los rodillos de soporte y los rodillos de guías laterales. Se utilizan interruptores de carrera para su enclavamiento y seguimiento. Se utilizan también interruptores de carrera para indicar las posiciones ARRIBA y ABAJO del volcador.

La finalidad de la barra falsa es sellar el fondo del molde al inicio de cada colada, con el fin de poder verter acero dentro de éste. Su segunda función, por la forma tan especial de su cabeza, es sacar del molde el acero parcialmente solidificado y llevarlo hacia la extractora y enderezadora. Cuando la barra caliente empalmada a la barra falsa llega a un determinado punto en la enderezadora detectado por un interruptor de fin de carrera, la barra falsa es separada de la barra colada. Entonces, el acero colado puede ser extraído continuamente, con la barra falsa fuera de la línea y estacionado hasta que se solicite una nueva introducción en línea.

Rodillo de arrastre de despunte (Extractora/enderezadora auxiliares)

La función del rodillo de arrastre de despunte, situado a la entrada de la máquina de oxicorte, es descargar la última barra colada cuando ésta ha salido de la extractora. Es utilizado también como soporte del accionamiento de la extractora cuando se cuelan palanquillas de sección pequeña.

El rodillo de arrastre de despunte está constituido por un rodillo superior R1 accionado por un motorreductor, el cual es controlado en la posición ARRIBA o ABAJO por medio de un cilindro hidráulico. El rodillo de abajo R2 es loco.

El motor M1 que acciona el rodillo superior, está equipado con un interruptor de proximidad, utilizado para medir la longitud de la palanquilla al final de la colada con el fin de continuar con la operación de corte automático. Un impulso equivale a 2 mm de palanquilla.

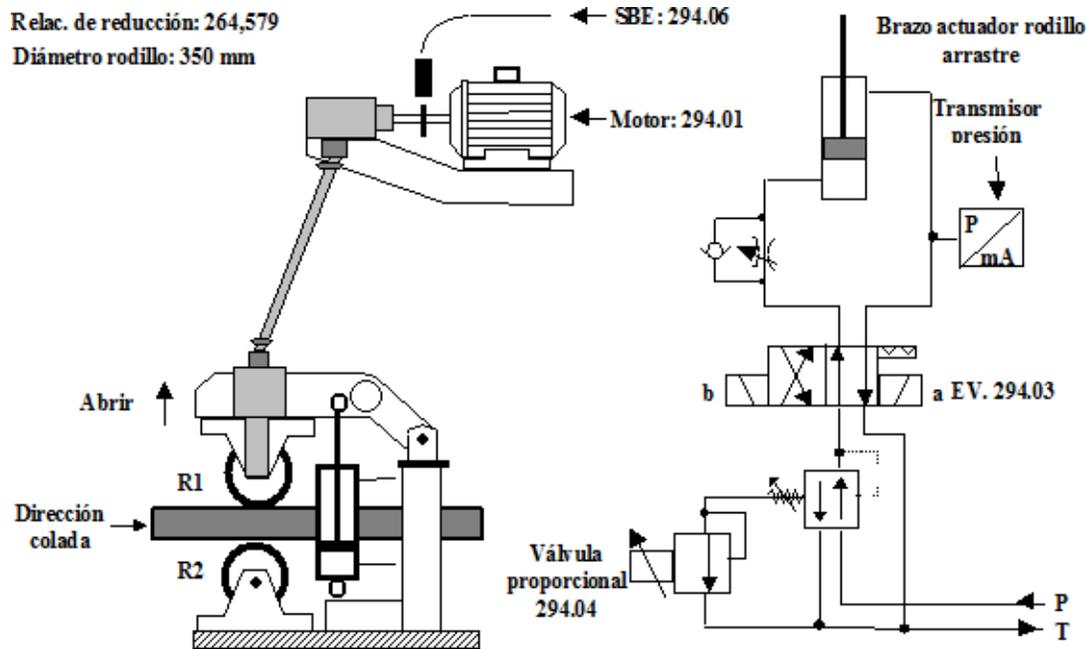


Ilustración 57. Accionamiento para el rodillo de arrastre de despunte.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de planquillas. Huachipato CAP Acero.

La posición “ARRIBA” es la posición inactiva, de reposo, mientras que la posición “ABAJO” es la posición operativa. Con los pulsadores de control del PMOC (pupitre de mando oxicorte), se pueden controlar independientemente el cilindro hidráulico y el motorreductor.

Máquina de corte para muestras

La máquina de corte para muestras está montada en el equipo de oxicorte y se utiliza para cortar muestras. El quemador instalado en un soporte móvil se baja para efectuar una secuencia de corte al término de la cual se levanta.

La máquina de corte para muestras y el equipo de oxicorte se mueven juntos lateralmente y son accionados por el mismo motor.

Luego las muestras cortadas se vuelcan en una cesta la cual es levantada hasta el nivel del piso del taller.

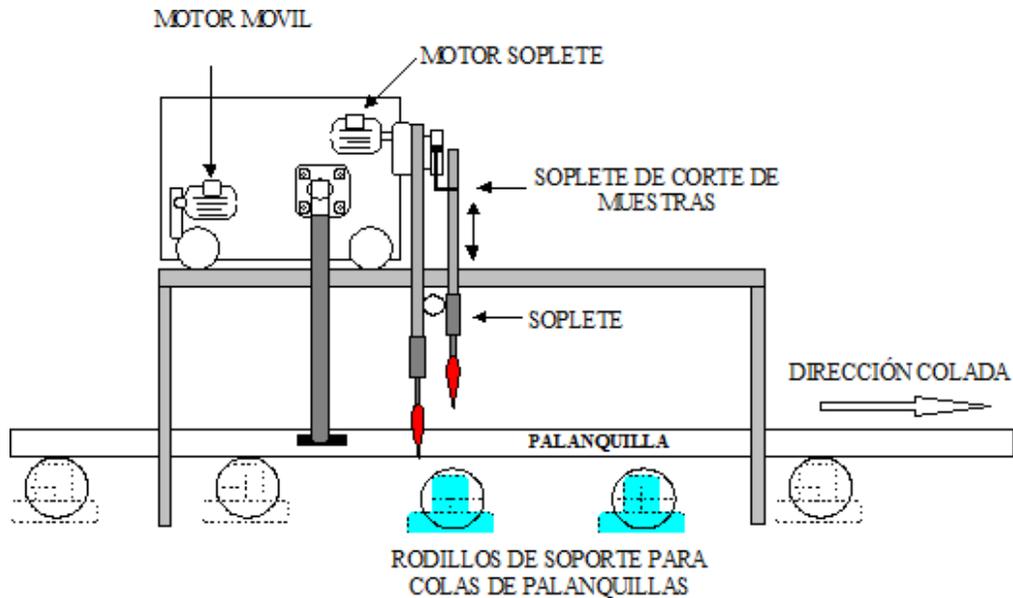


Ilustración 58. Ubicación del soplete de corte de muestras.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Camino de rodillos de descarga en el área de transferencia lateral

El camino de rodillos de descarga en el área de transferencia lateral traslada las palanquillas desde la máquina de oxicorte hasta el área de transferencia lateral a una velocidad de unos 30 m/min. El camino de rodillos es denominado RT1 y está compuesto por dos secciones de rodillos accionados por un motorreductor:

- RT-2/a constituido por 3 rodillos comunes accionados
- RT-2/b constituido por 5 rodillos comunes accionados

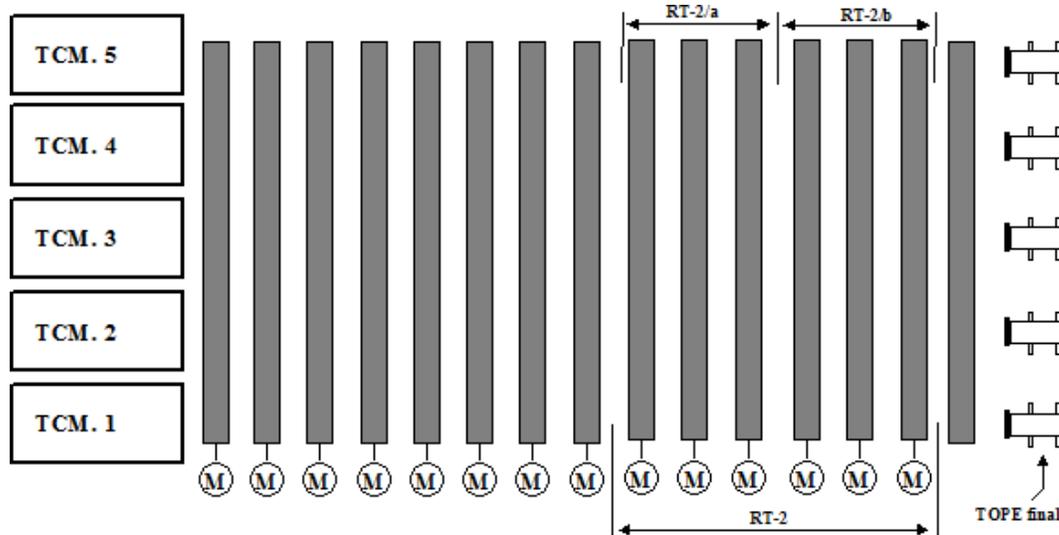


Ilustración 59. Camino de rodillos de descarga en el área de transferencia lateral.
Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Transferidor Lateral – Empujador elevado

El transferidor lateral tiene la función de empujar las palanquillas, desplazadas al nivel más elevado por los levantadores individuales, hasta el camino de rodillos de carga caliente (ver FD-432), al lado de la línea 1 (posición de salida). La posición de salida del transferidor lateral está al lado de la línea 5.

El transferidor lateral está equipado con dientes de guía (dedos) que empujan las palanquillas hasta el camino de rodillos de empaque. Estos dientes son accionados por dos cilindros neumáticos y se desplazan hacia arriba para el movimiento de retorno del transferidor lateral, para evitar cualquier desplazamiento de las palanquillas levantadas después de que el transferidor lateral se ha desplazado hacia adelante. Al término de la secuencia de empuje, el transferidor lateral regresa inmediatamente a la posición inicial. Un codificador detecta la posición del transferidor lateral y la envía al sistema de seguimiento (puntos de desaceleración antes de las posiciones de SALIDA e INICIAL, posición INICIAL).

Por razones de seguridad, después de las posiciones INICIAL y de SALIDA, se han instalado dos interruptores de fin de carrera para cada posición que los cuales actúan como topes finales. Un interruptor de proximidad ubicado en la posición INICIAL pone a cero el codificador después de cada ciclo del transferidor lateral.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
La Libertad del Conocimiento

Ingeniería Civil en Automatización
Anteproyecto de Título
Depto. Ingeniería Eléctrica
Universidad del Bío-Bío

El transferidor es accionado por un motor eléctrico dotado de un freno de retención (el cual es activado cuando el transferidor lateral está en posición INICIAL) y de un ventilador externo. Este motor está instalado en el carro del transferidor y es alimentado junto con el codificador por medio de unacadena de cables.

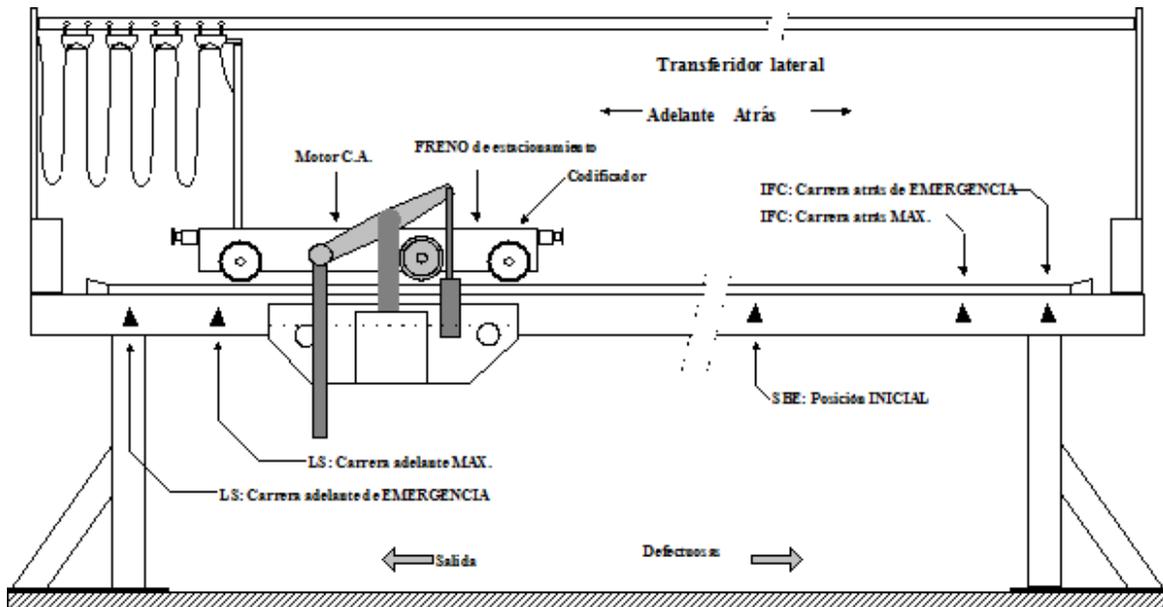


Ilustración 60. Desplazamiento lateral de las palanquillas.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Camino de rodillos de carga en caliente

El camino de rodillos de traslado de las palanquillas calientes está compuesto por una estructura de acero donde rodillos motorizados individuales transfieren los grupos de palanquillas desde el área de traslado lateral a la mesa de enfriamiento giratoria o a la mesa de enfriamiento de palanquillas calientes.

El camino de rodillos común está dividido en tres secciones, cada una controlada manualmente. La siguiente figura muestra las secciones y los dispositivos instalados en el camino:

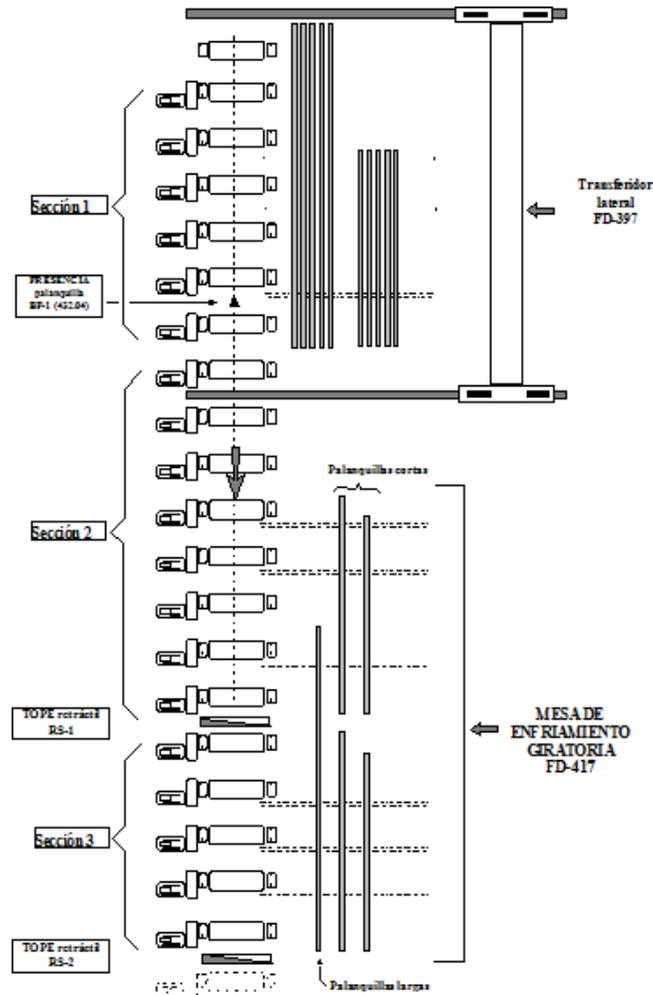


Ilustración 61. Camino de rodillos de carga en caliente.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Empujador de palanquillas calientes

El empujador de palanquillas calientes está instalado en la sección del camino de rodillos de carga en caliente ubicado delante de la mesa de enfriamiento giratoria y es utilizado para “empujar” las palanquillas fuera del camino de rodillos y transferirlas al mesa de enfriamiento de vigas móviles TOCB-1.

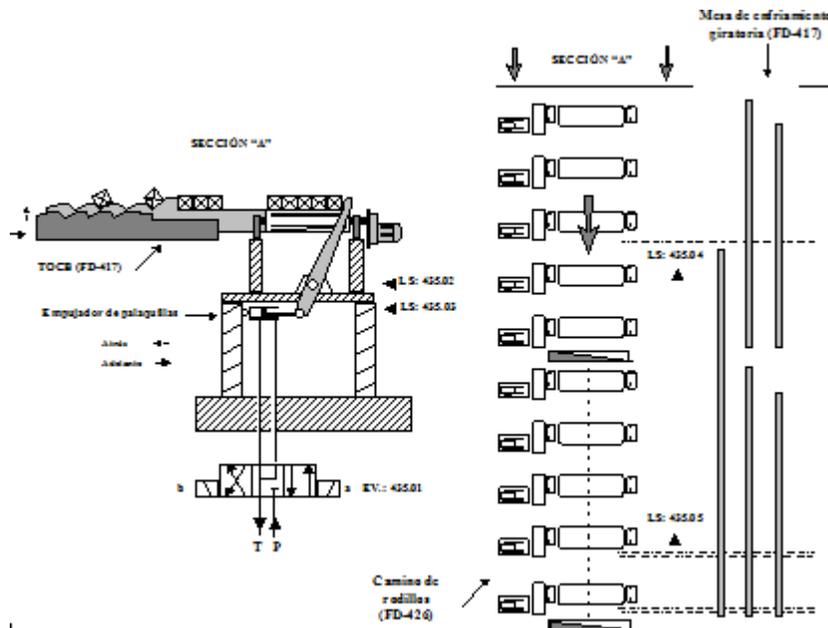


Ilustración 62. Esquema de empujador de palanquillas calientes.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Camino de rodillos de traslado en caliente con empujador de palanquillas

El camino de rodillos de traslado en caliente está instalado entre el camino de rodillos de carga caliente y es utilizado para transferir las palanquillas desde camino de rodillos de carga caliente hasta el área de almacenamiento de las palanquillas calientes. El empujador instalado en el camino de rodillos “empuja” las palanquillas fuera del camino de rodillos y las transfiere el separador de palanquillas calientes descrito en el documento.

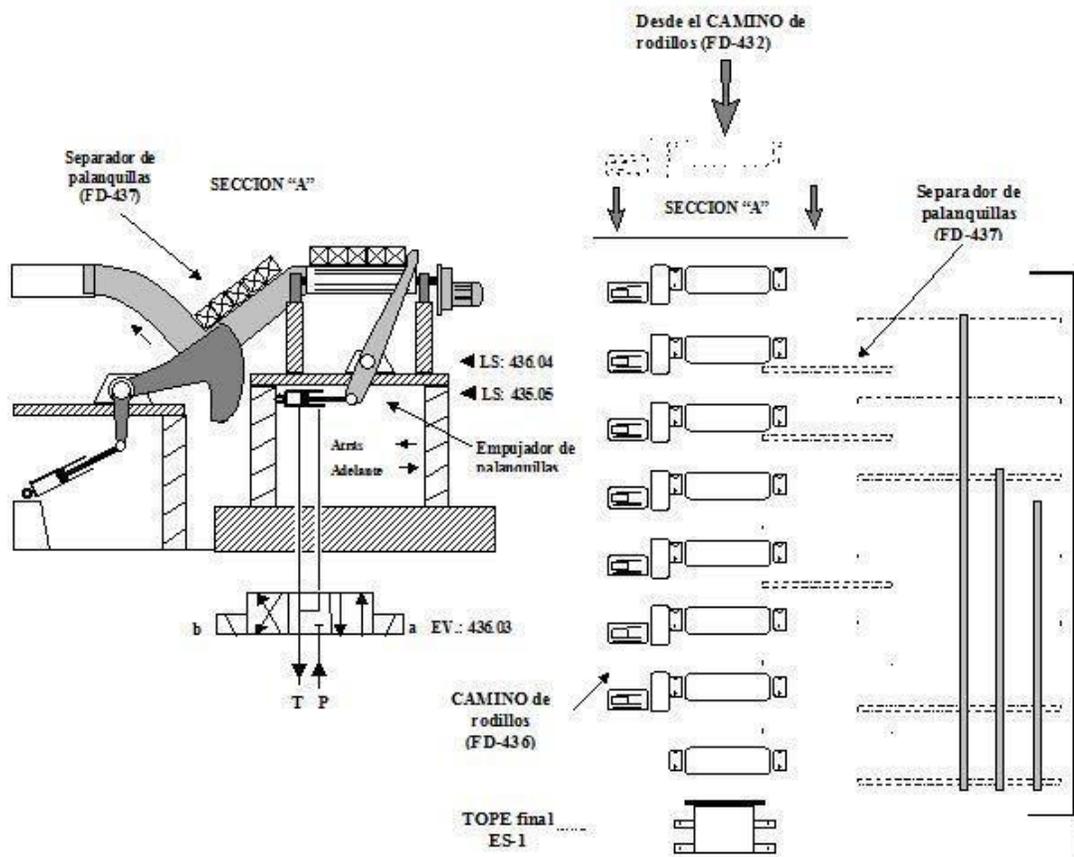


Ilustración 63. Camino de rodillos de traslado en caliente con empujador de palanquillas.
Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Separador de palanquillas calientes

El separador de palanquillas calientes está instalado en el camino de rodillos de traslado en caliente y es utilizado para levantar las palanquillas una por una (separándolas una de la otra) y transferirlas del área del separador a la mesa colectora de palanquillas calientes para formar paquetes de cinco palanquillas.

Las palanquillas son desplazadas hasta el separador por medio del empujador instalado en el camino de rodillos de traslado en caliente descrito previamente.

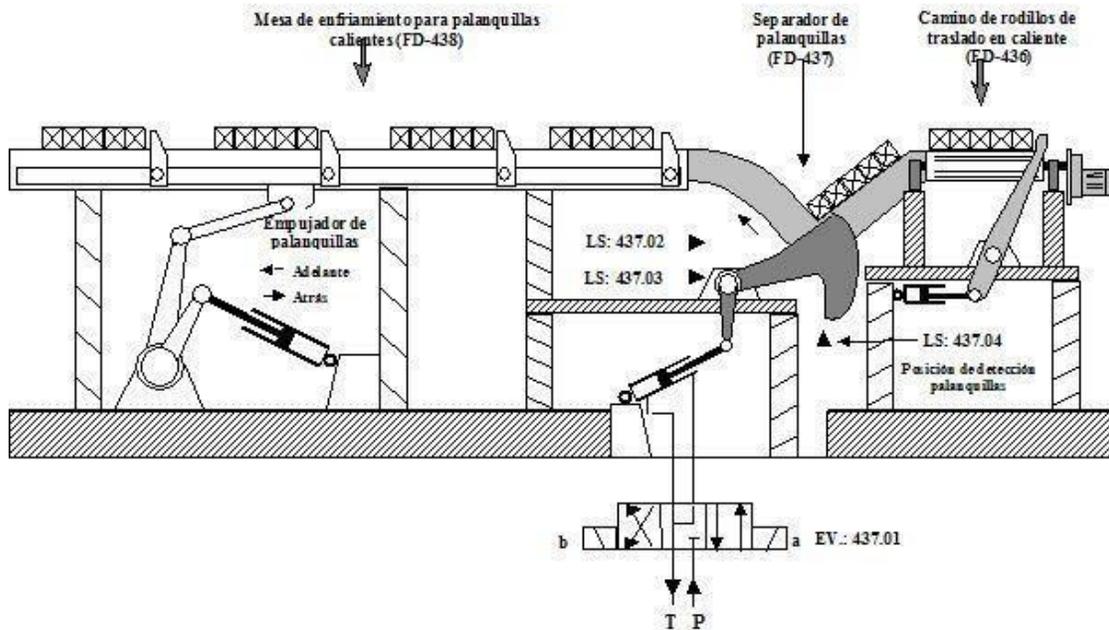


Ilustración 64. Esquema Separador de palanquillas calientes.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Mesa colectora de palanquillas calientes

La mesa colectora de palanquillas calientes está instalada después del separador y es utilizada para recibir las palanquillas procedentes del separador y almacenarlas de forma ordenada. Las palanquillas luego son transportadas a los “fosos de enfriamiento lento” por medio de una grúa.

El mecanismo arrastrador desplaza y distancia las palanquillas por medio de un empujador accionado hidráulicamente provisto de dientes arrastradores de manera que se formen grupos de cinco palanquillas en el espacio entre los dientes.

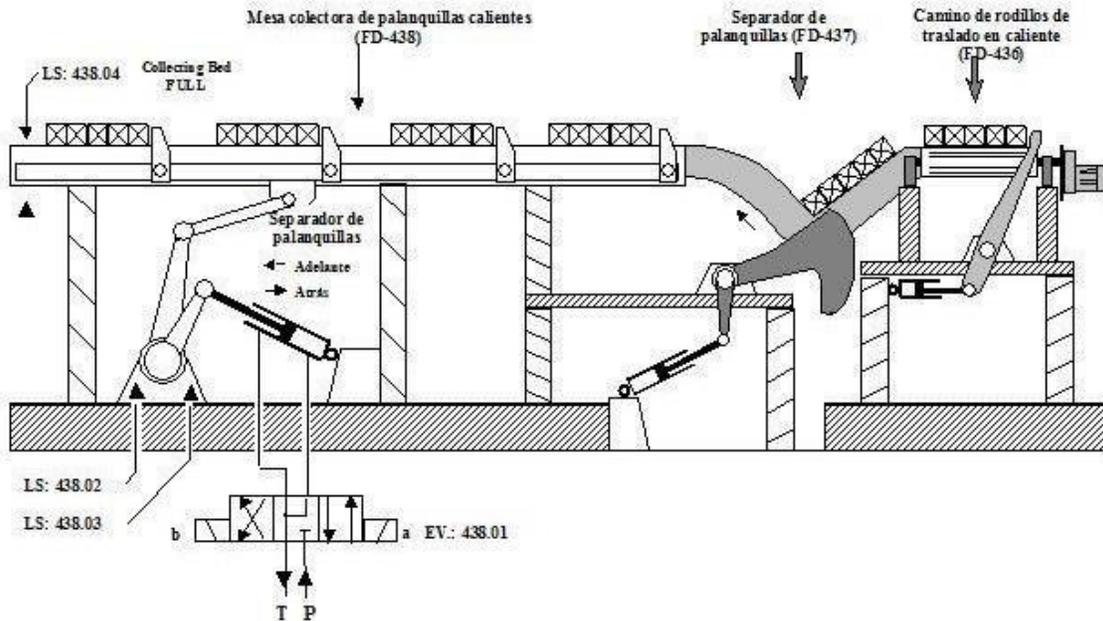


Ilustración 65. Esquema para recepción de las palanquillas calientes en la mesa colectora.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Sistema central de lubricación congrasa

La central de engrase se usa para engrasar las partes mecánicas de una Máquina de colada. Este equipo puede ser considerado como un sistema autónomo, lo que es posible gracias a una caja de mando propia.

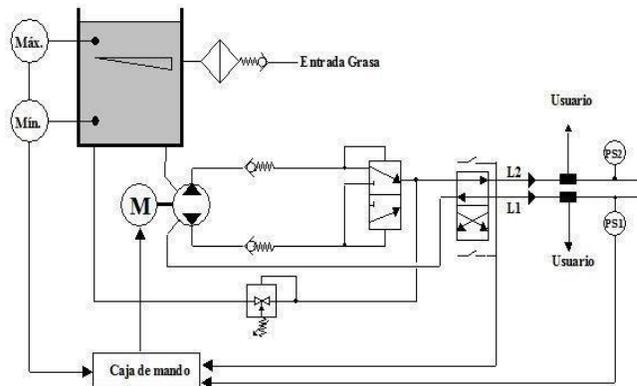


Ilustración 66. Esquema del sistema central de lubricación con grasa.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

El sistema central de lubricación con grasa está compuesto básicamente por una motobomba, un tanque de grasa con interruptores de nivel, un grupo de conmutación compuesto de 2 interruptores diferenciales de presión que supervisan las diferencias de presión de la grasa al final de la línea, y una caja de mando. El equipo central de lubricación engrasa las siguientes partes de la máquina de colada:

- 10.1.1. Mecanismo de oscilación moldes.
- 10.1.2. Extractora y enderezadora.
- 10.1.3. Otras máquinas.
- 10.1.4. Transferidor lateral
- 10.1.5. Caminos de rodillos de descarga
- 10.1.6. Mesas de enfriamiento en el Área de Descarga.
- 10.1.7. Empujador de Palanquillas en el área de Descarga.

La motobomba está protegida contra sobrepresiones mediante una válvula limitadora de presión. El dispositivo acústico de aviso es accionado en el caso de un tiempo de ciclo máximo (regulable en la Caja de Mando). La indicación de un fallo puede ser borrada presionando el pulsador de Puesta a cero. El Sistema de Engrase puede ser activado de forma remota desde el PLC al comienzo de cada colada.

Medición del hidrógeno contenido en el acero

El Sistema de Inmersión Directa en Hidrógeno (HYDRIS) proporciona una medición directa en el piso de colada del hidrógeno disuelto: no se necesita tomar muestras. Es por esta inmediatez y precisión que HYDRIS representa el mayor avance en el análisis de hidrógeno. HYDRIS mide directamente en la artesa el contenido de hidrógeno en acero. Se manda nitrógeno desde la sonda hacia el acero y éste absorbe hidrógeno hasta que se alcanza el equilibrio entre gas y acero.

El gas nitrógeno portador es bombeado desde el equipo neumático, por el cable y la lanza neumáticos a través del tubo de insuflación de la sonda hydris, dentro del acero líquido.

El gas portador absorbe el hidrógeno disuelto en el acero fundido y entonces es captado por un ladrillo poroso para ser analizado en el equipo neumático.

El gas portador es recirculado continuamente alrededor del sistema hasta que se alcanza el equilibrio. El equilibrio será detectado por el Multi-Lab HYDRIS, que detecta un cambio próximo a cero en la presión parcial del hidrógeno en gas portador de una circulación a la siguiente.

Un detector térmico de conductividad en el equipo neumático analiza la concentración de hidrógeno en el gas portador. La presión parcial de hidrógeno es convertida a contenido de hidrógeno de acuerdo con la ley de Sieverts.

Sistema de recogida de muestras

La función del dispositivo de recogida de muestras es recoger las muestras cortadas en un canal y llevarlas arriba hasta el piso del taller. La subida se hace por medio de un sistema de levantamiento provisto de un carro de levantamiento y de una vía. Cada uno de estos carros de levantamiento es accionado por un cabrestante: el primero está al servicio de tres líneas y el segundo de dos líneas.

Después de una secuencia de corte de muestras, éstas caen por un canal y serán recogidas por una cesta. Los dispositivos de recogida de muestras son controlados con una Caja de Mando Local situada en el piso del taller.

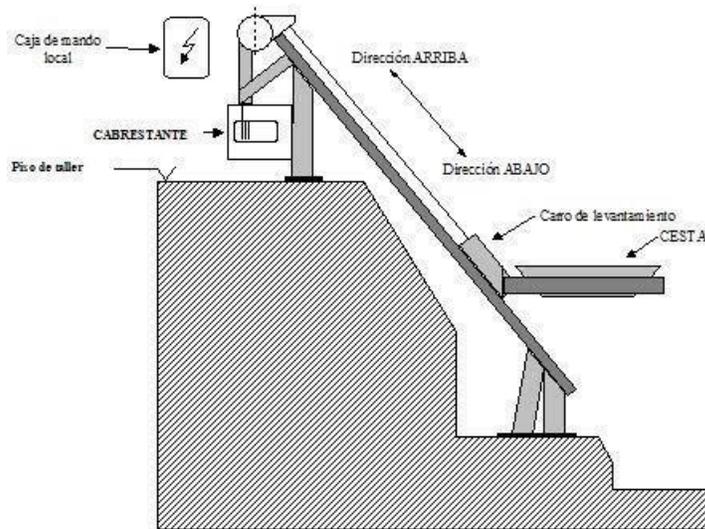


Ilustración 67. Sistema para recolección de muestras cortadas de acero.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Detalle estudio de control en puntos de interés del proceso

Control de agitadores

Equipo Instalado en la sala eléctrica:

- Convertidor de frecuencia provisto de circuito cc de alimentación de potencia común para las líneas (5). En la puerta del armario se ha instalado un pequeño panel de control (con teclado) para la sección de los inversores.
- Interfaz desde/hacia los PLCs de automatización a través de la red de área local (LAN).

Instalado en campo en cada línea:

- Cuerpos de los agitadores de línea
- Detector de flujo de agua bajo y sobret temperatura del agua instalado en la tubería de salida del agua de enfriamiento de cada bobina del agitador
- Caja de bornes cerca del agitador para conectar el cable de potencia flexible desde el agitador hasta el cable de potencia normal del armario de control

Interfaz de control y monitoreo

El armario de control suministra las señales de interfaz siguientes para controlar y monitorear el funcionamiento de los agitadores de los moldes. El intercambio de señales se realiza a través de un PLC instalado en el tablero de control de los agitadores, conectado a los otros PLC por medio de una red de área local (RAL):

PLC CCM	Descripción señales	Línea	Nota
Registro analógico	Inversor: Referencia corriente	*	Referencia= 0-400[A]
Registro analógico	Inversor: Referencia frecuencia	*	Referencia= 1-10[Hz]
Registro analógico	Inversor: Valor actual corriente	*	Actual= 0-400[A]
Registro analógico	Inversor: Valor actual frecuencia	*	Actual= 1-10[Hz]
Registro digital	Inversor: Arranque/parada	*	(Comando)
Registro digital	Inversor: Adentro/Afuera	*	(Comando)
Registro digital	Inversor: Local/Remoto	*	(Estado)

Tabla N°29: "Señales de interfaz del armario de control".

Registro digital	Inversor: Corriente= 0 (Listo)	*	(Estado)
Registro digital	Inversor: Fallo tarjeta regulación	*	(Alarma)
Registro digital	Inversor: Sobretemperatura	*	(Alarma)
Registro digital	Agitador: sobretemperatura agua enfriamiento	*	(Alarma)
Registro digital	Agitador: bajo flujo de agua enfriamiento	*	(Alarma)
Registro digital	Cierre contactor alimentación bus cc	(Común)	(Comando)
Registro digital	Contactor alimentación bus cc- cerrado	(Común)	(Estado)
Registro digital	Fallo fusibles protectores rectificador de potencia	(Común)	(Alarma)
Registro digital	Sobretemperatura rectificador de potencia	(Común)	(Alarma)
Registro digital	emergencia	(Común)	(Alarma)
Registro digital	Bus cc, Inversor 1-2 bajo flujo agua	(Común)	(Alarma)
Registro digital	Bus cc, Inversor 1-3 alta temperatura agua	(Común)	(Alarma)
Registro digital	Inversor 3-4-5 bajo flujo agua	(Común)	(Alarma)
Registro digital	Inversor 3-4-5 alta temperatura agua	(Común)	(Alarma)

Tabla N°30: "Continuación de las señales de interfaz del armario de control".

Control

Los sistemas de agitación de línea pueden ser controlados en modo “LOCAL” o “REMOTO”, dependiendo de la posición del selector instalado en la puerta frontal de cada armario de inversores.

El monitoreo de los fallos queda activo, independientemente del modo operativo elegido. En caso de que se produzca un fallo, la línea donde se ha producido la alarma sólo puede ser puesta en marcha de nuevo apretando el pulsador “RESET” (PUESTA A CERO) del armario de control.

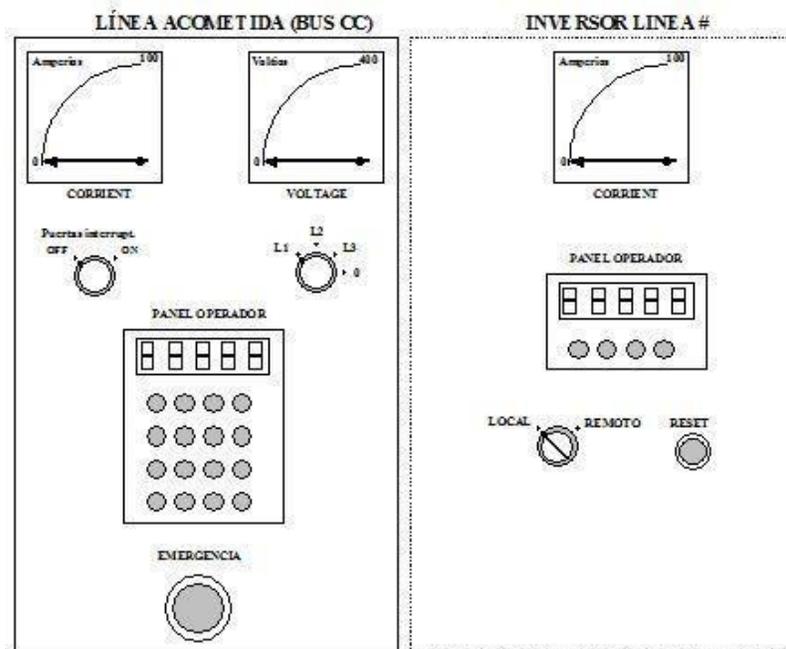


Ilustración 68. Mando instalado en el armario de agitadores de línea.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Control local

Se puede efectuar el control local seleccionando “Local” en el armario de control de los agitadores de línea. En este caso los agitadores pueden ser accionados (activados/desactivados ON-OFF, regulación frecuencia y corriente) por el panel con teclado. De todas maneras, si se activa una alarma, el agitador no se pondrá en marcha hasta que no se apriete el pulsador de rearme “RESET”.

Control remoto

Disponiendo el selector del armario de control en la posición “REMOTO”, los agitadores pueden ser controlados en modo AUTOMÁTICO o MANUAL desde el sistema de la VDU de la máquina de colada, según las señales de interfaz vistas anteriormente.

En modo de control AUTOMÁTICO, los agitadores sólo pueden ser puestos en marcha cuando el sistema está en modo de colada y el accionamiento de extracción está funcionando. La corriente y frecuencia son determinados desde un banco de datos pre almacenado en el sistema de la VDU y según la calidad de acero que se desee colar.

En modo de control MANUAL, los agitadores serán activados y desactivados desde la pantalla de la unidad de visualización (VDU). La corriente y frecuencia serán seleccionadas manualmente desde la misma pantalla.

Control General Barra STOPPER

El sistema CONCAST encargado de controlar la barra tapón puede realizar coladas cerradas y también abiertas. Su funcionamiento se realiza por medio de los tres dispositivos siguientes:

- Unidad de visualización (VDU) situada en la sala de mando de la máquina de colada. Aquí es donde se hacen las selecciones principales, tales como modos de regulación, cambio de los parámetros de control colada y vista de conjunto del proceso y alarmas de la barra tapón.
- Panel operador molde (MOP) utilizado para controlar directamente el proceso de colada. Desde aquí se puede arrancar la colada, monitorearla y controlarla.
- Caja de mando manual (HCB) utilizada para poner en marcha y controlar manualmente el proceso.
- Tablero de control de la barra tapón, utilizado sólo para modificar los parámetros del equipo de medición del nivel del acero. (Deben ser controlados y, en caso de necesidad, regulados después de cada cambio de sección)

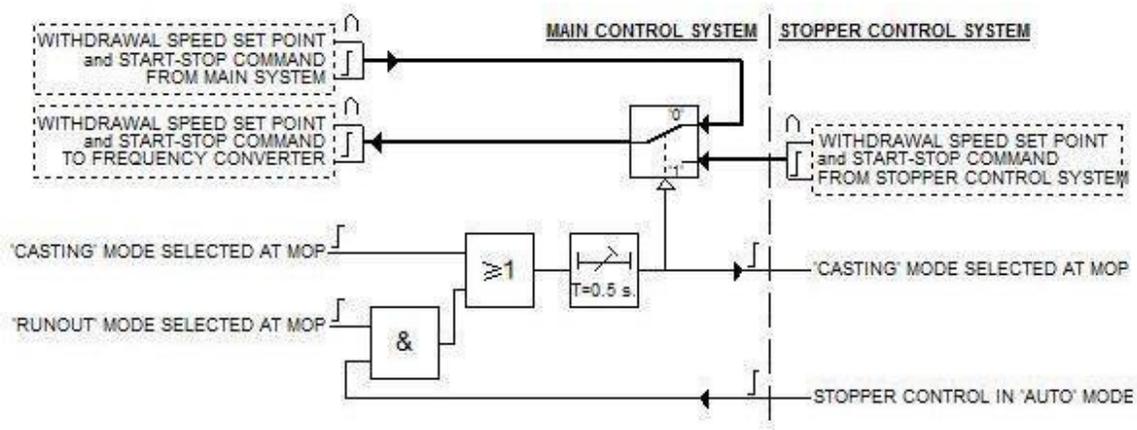


Ilustración 69. Obtención de datos para control de sistema Stopper.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Colada abierta (control de la velocidad)

En modo de “colada abierta”, el nivel del molde es controlado por la velocidad del accionamiento de la extractora. Se supone que el control de la barra tapón es desactivado de la artesa y, por consiguiente, la buza debe ser abierta manualmente por el operador. El flujo de acero desde la artesa hacia el molde es libre y prácticamente constante gracias a la buza fija instalada en la artesa.

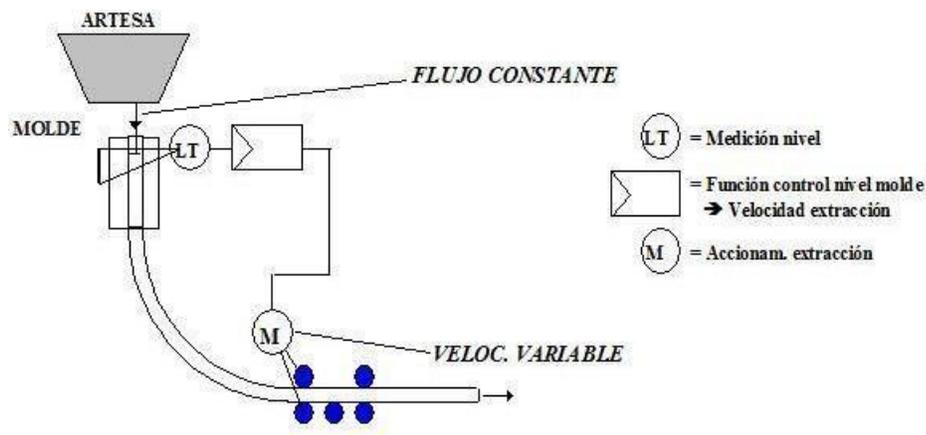


Ilustración 70. Esquema Colada Abierta.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

Además, el sistema de medición del nivel del molde junto con el PLC puede ser utilizado para automatizar el arranque de la colada. El sistema permite arrancar la colada manual o automáticamente. Se puede conmutar el modo de manual a automático y viceversa durante la colada.

El nivel del molde debe ser controlado dentro de aproximadamente ± 5 mm de desviación real a partir del nivel de referencia definido, -sin embargo, también es importante permitir sólo un cambio lento del nivel real en el molde- con una variación de la velocidad de extracción no superior a $\pm 0,2$ m/min. En caso de una variación de velocidad demasiado alta, el sistema informa de ello.

Control

Para poder efectuar una colada abierta, antes hay que realizar todas las preparaciones indicadas en los manuales metalúrgicos. En caso de que se haya cambiado la máquina para colar otra sección diferente, el factor de atenuación del equipo de medición del nivel molde debe ser modificado o el sistema debe ser calibrado de nuevo. En la VDU (unidad de visualización) de la barra tapón se deben seleccionar el modo de colada actual, las dimensiones de la sección y otras opciones antes de arrancar la colada.

En cuanto que el carro portaartesa calentada está en la posición de colada, el potenciómetro de la HCB (caja de mando manual) es puesto en la posición cero, se cumplen todas las condiciones de barra tapón lista para colar y el modo de colada es seleccionado en el MOP (esto sólo es posible si el accionamiento de extracción no está funcionando); la luz de “barra tapón lista” será encendida en el MOP. Tan pronto como se encienda la luz “LISTO PARA COLAR”, controlada por el sistema eléctrico, el operador puede empezar a colar. El operador en ese momento puede elegir entre arrancar y controlar la colada en modo manual o automático.

Colada abierta: modo manual

En el MOP el pulsador luminoso “MANUAL” estará encendido cuando este modo (=modo por defecto) esté activo. Cuando el selector de modos del MOP esté en posición de “COLADA”, el accionamiento de la extractora se pondrá en marcha en cuanto que el potenciómetro de la caja de mando manual (HCB) sea quitado de la posición cero. Si se deselectiona el modo de colada o se lleva el potenciómetro a la posición cero, el accionamiento de la extractora se parará.

Es posible conmutar de modo manual a automático apretando el pulsador “AUTO” del MOP o de la HCB. Si el nivel del molde sobrepasa el mínimo, la luz de control automático se encenderá intermitentemente y el sistema tomará el control automático de la velocidad de extracción tan pronto como el nivel actual sea $\pm 10\%$ de la referencia nominal del nivel del molde. Si el nivel del molde está por debajo del mínimo, la secuencia de puesta en marcha del control automático se activará.

Colada abierta: modo automático

Antes de iniciar la colada, el operador puede seleccionar el control automático apretando el pulsador “AUTO” del MOP o de la HCB. Todos los sistemas se quedarán en modo manual y el accionamiento de la extractora no se pondrán en marcha. En cuanto la buza de la artesa se abra, el flujo de acero llenará el molde de material. La cantidad de acero que entra en el molde en el momento del arranque será relativamente constante y corresponderá con la cantidad necesaria para llegar a la velocidad de colada nominal. Cuando se detecte el nivel mínimo de aproximadamente 20%, al mismo tiempo el sistema de control:

- pondrá en marcha el accionamiento de la extractora (por medio del sistema de control principal)
- Dispondrá el controlador en modo automático

En este momento el controlador del nivel del molde, de acuerdo con el algoritmo de control, regulará constantemente la señal de salida y con ésta la velocidad del accionamiento de la extractora con el fin de conseguir en el molde un nivel de acero igual al valor de referencia de rampa que varía lentamente. Los valores PID del controlador del nivel de acero deben estar en función de las dimensiones de colada y sólo pueden ser cambiados por un técnico (¡protegidos por una contraseña!).

Si se selecciona el modo de salida en el MOP, el sistema de control de la barra tapón cesará su operación de control, siempre que el modo manual del sistema de control de la barra tapón esté activado. Entonces el operador puede activar la secuencia de salida automática (programada en el sistema PLC principal) apretando el pulsador “SALIDA”.

COLADA CERRADA (Control de la barratapón)

En modo de colada cerrada, el nivel del molde es controlado por el flujo de acero que va desde la artesa hacia el molde. La velocidad de extracción del acero desde el molde se mantiene constante. El flujo de acero desde la artesa hacia el molde puede ser variado cambiando de posición la barra tapón y con ello el tamaño de la abertura del fondo de la artesa.

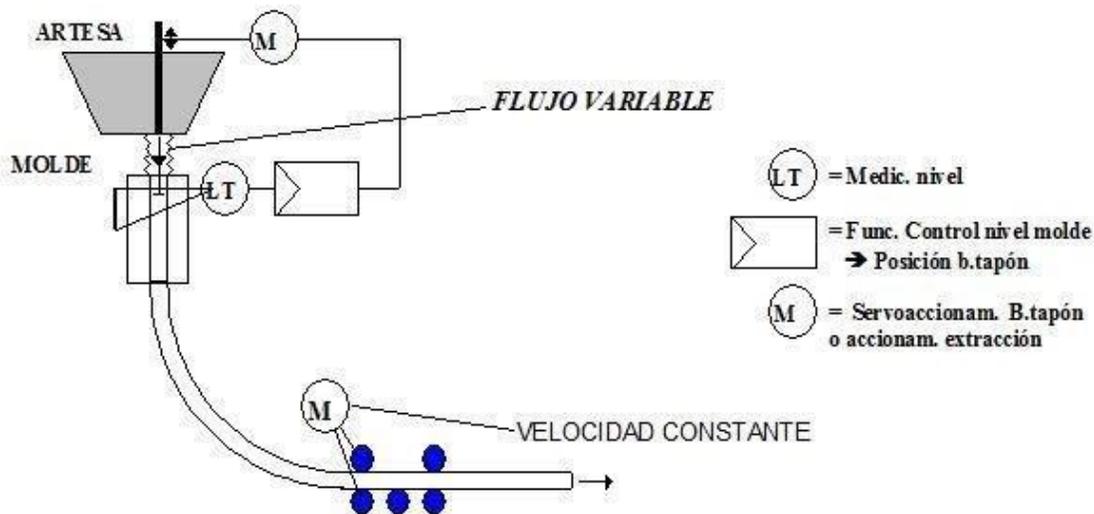


Ilustración 71. Esquema Colada Cerrada.

Fuente: Manual de operación de instrumentos y detalles del proceso de colada continua de palanquillas. Huachipato CAP Acero.

El sistema permite arrancar la colada en manual o automático: se puede conmutar el control del flujo de acero de manual a automático y viceversa durante la colada.

El nivel del molde debe ser controlado aproximadamente dentro de un campo $\pm 3\text{mm}$ de desviación real a partir del nivel de referencia definido. Sin embargo, también es importante permitir sólo un cambio lento del nivel real. Si la variación del nivel es demasiado grande, el sistema informa de ello.

Se pueden tener las características siguientes, seleccionables parcialmente, en el modo de control de la barra tapón:

- Se puede prevenir el desgaste de la buza sumergida gracias a una función del ordenador que varía lentamente el nivel de referencia.
- El sistema detecta la presencia de incrustaciones y avisa al operador de que debería accionar el ciclo de limpieza de la barra tapón. El operador puede seleccionar esta función y entonces se acciona automáticamente una secuencia de limpieza para despegar los depósitos de material.
- El sistema de medición del nivel puede detectar una pérdida. Si esto ocurre, el sistema cierra inmediatamente el orificio con la barra tapón.
- Se puede detectar un rebose. Si esto ocurre, el sistema cierra con la barra tapón provisionalmente hasta que el nivel vuelve al nivel de referencia.
- En caso de que se accione la compuerta corredera de emergencia apretando el pulsador de emergencia, la barra tapón corta el flujo inmediatamente.
- Si se produce una avería grave (corte de corriente o fallo del PLC) en el sistema de control principal, el sistema que controla la barra tapón baja inmediatamente todas las barras tapón.
- Si se produce una avería grave (corte de corriente o fallo del PLC) en el sistema de control de la barra tapón, la unidad de servoaccionamiento bajará inmediatamente la barra tapón electromecánicamente.
- Una gran cantidad de parámetros pueden ser almacenados y regulados en el sistema para diferentes dimensiones de colada.

Control

La artesa debe ser calentada antes de poder colar. Las barras tapón con sus mecanismos tapón deben ser acoplados a la artesa antes de empezar el ciclo de precalentamiento. La barra tapón debe ser llevada a la posición totalmente arriba girando y bloqueando el volante del mecanismo de la barra tapón antes de empezar el precalentamiento.

En cuanto que la artesa, con los mecanismos tapón montados, esté colocada en el carro portaartesa, los conectores eléctricos de los cables montados en el carro portaartesa pueden ser enchufados en las tomas de corriente empotradas del mecanismo tapón. Después de desbloquear y desplazar hacia arriba el volante, se podrá accionar eléctricamente de nuevo el servomotor, siempre que el carro portaartesa esté en la posición de colada o el modo de prueba esté activado en la VDU.

En el caso de que se haya cambiado la máquina para colar otra sección, el coeficiente de atenuación del equipo de medición del nivel del molde debe ser controlado y modificado si es necesario o bien el sistema debe ser reajustado. En la VDU de la barra tapón, hay que seleccionar el modo de colada actual, la sección por colar y otras opciones antes de empezar a colar.

En ese momento el operador debería apretar el pulsador “PUESTA EN CERO”. Con ello se accionará una corta operación donde la barra tapón se moverá abajo hasta conseguir una cierta presión de cierre. Después de 1 segundo aproximadamente, la presión será reducida, pero será todavía lo suficientemente alta como para garantizar el cierre con la barra tapón. La función de posicionamiento de la barra tapón utilizará esta posición desde este momento como punto “0” para monitorear la posición de la misma durante la colada. Al mismo tiempo se envía una señal al equipo de medición del nivel del molde para calibrar el molde vacío, siempre que los valores actuales medidos sean inferiores al 15%, el accionamiento de extracción no esté en marcha y no se haya seleccionado el modo de colada en el MOP.

En el MOP, la velocidad de colada nominal debe ser seleccionada apretando los pulsadores “+/-” o hay que seleccionar el valor de velocidad de colada “Remoto” desde un ordenador externo.

Entonces, a condición que también la luz “LISTO PARA COLAR” controlada por el sistema eléctrico principal esté encendida, la colada puede empezar. El operador puede elegir ahora entre arrancar y controlar la colada manual o automáticamente. Además, se pueden seleccionar otras opciones en modo automático como puede ser el llenado automático del molde.

Colada cerrada en modo manual

En cuanto que se mueva el potenciómetro de la caja de mando manual (HCB) de la posición cero, la barra tapón se moverá hacia arriba. Entonces el acero saldrá de la artesa por el tubo de colada hacia el molde.

Cuando el molde tiene un nivel de acero bajo, el accionamiento de extracción debe ser puesto en marcha desde el MOP apretando el pulsador ARRANQUE extractora. Para parar la colada en modo manual, el operador tiene que girar el potenciómetro de la HCB a la posición “0”. Entonces la barra tapón bajará cerrando el flujo de acero.

Si el flujo de acero hacia el molde se ha parado, el operador puede parar el accionamiento de la extractora apretando el pulsador “PARADA” del MOP. El accionamiento de la extractora no se parará automáticamente cuando haya un nivel bajo en el molde, ya que el control manual es independiente del sistema de medición del nivel en el molde.

Colada cerrada en modo automático

El control automático debe ser seleccionado apretando el pulsador “AUTO” del MOP. Este modo implica que todo el manejo además de la operación de llenado del molde es controlado por ordenador. Girando el potenciómetro de la HCB a la posición “0”, el operador deja salir el flujo de acero al molde. Tan pronto como se alcance el umbral mínimo en el sistema de medición del nivel del molde, el sistema de control:

- pondrá en marcha el accionamiento de la extractora
- activará el control del nivel del molde en modo automático

En este momento el controlador del nivel del molde, de acuerdo con el algoritmo de control, regulará constantemente la señal de salida y con ésta la posición de la barra tapón con el fin de conseguir en el molde un nivel de acero igual al valor de referencia de rampa que varía lentamente. Los valores PID del controlador del nivel de acero deben estar en función de las dimensiones de colada y sólo pueden ser cambiados por un técnico.

En cuanto que el valor de referencia del MLCF ha alcanzado el valor de referencia seleccionado, el procedimiento de arranque es concluido y el control automático seguirá activo.

Arranque automático del control de la barra tapón con llenado automático del molde:

En modo automático la colada también puede ser puesta en marcha llenando el molde según una secuencia de llenado predefinida. Se pueden almacenar en el sistema de control de la barra tapón para cada sección de colada y línea hasta tres tiempos operativos sucesivos, tiempos de cierre y carreras. En cuanto que se detecta el umbral de nivel del acero mínimo, se para la secuencia de llenado y el control automático asume el mando poniendo en marcha el accionamiento de la extractora y regulando la carrera de la barra tapón constantemente para conseguir un nivel en el molde constante.

Control del sistema de enfriamiento por rociado

Control: Bombas reforzadoras

El rociado de los sectores 1 y 2 puede ser alimentado también por dos bombas reforzadoras (una en función y la otra en estado de espera) cuando se cuelan aceros especiales (enfriamiento intenso). El ordenador de nivel 2 preparará estas bombas cuando se envíe una receta. Las bombas son controladas desde el sistema de la VDU, a través de la pantalla siguiente:

En la pantalla “Agua rociada de enfriamiento” de la VDU, para cada bomba reforzadoras:

Auto: la bomba arranca y se para en modo automático, según la Receta de colada. **Espera:** la bomba arranca si la bomba que está en función falla (se reciba una señal de sobrecarga desde el PLC o se pierde la señal de confirmación funcionamiento). Las dos bombas reforzadoras están enclavadas entre sí: esto significa que sólo se puede seleccionar una bomba para funcionar en modo de espera.

Man: la bomba puede ser arrancada o parada desde los campos “ON-OFF” de la VDU.

Control: Medidores decaudal

La posición de cada válvula de control es controlada directamente por medio de los parámetros configurados por el operador o por medio de los parámetros configurados por medio del PLC en el circuito de control del caudal PID de la VDU. El modo de control es determinado por el Selector de modos del MOP, y puede distinguirse entre modo de control de caudal manual o automático.

El caudal de agua es regulado por una válvula de control electro neumática. En el PLC se compara el caudal actual señalado por el medidor de caudal con la referencia de caudal calculada (referida a la Velocidad de Colada V_c). Dependiendo de la diferencia entre estos dos valores ($\pm e$), la válvula electro neumática es cerrada o abierta.

Para proteger las boquillas rociadoras contra un sobrecalentamiento mientras se está colando y se reduce la V_c a cero, las válvulas reguladoras estarán abiertas en la posición de flujo mínimo.

Control manual

El modo de control manual de la válvula de entrada principal de cada línea, puede ser seleccionado en la pantalla de la VDU.

Dependiendo del modo de colada seleccionado en el MOP, según la tabla anterior, las válvulas pueden ser abiertas o cerradas con un comando enviado por el operador.

El modo de control manual de las válvulas de control puede ser seleccionado independientemente para cada sector. La apertura de las válvulas de control puede ser cambiada a cualquier posición en la pantalla de la VDU correspondiente al enfriamiento secundario introduciendo un número de 0 a 100% o por medio de las teclas software "ARRIBA/ABAJO".

Semiautomático

Las funciones de control del modo semiautomático son iguales a las del modo (totalmente) automático. La única diferencia es que la referencia de caudal en el modo semiautomático (la barra vertical de la derecha en el display del controlador) es constante y puede ser determinada por el operador (valor de referencia local). En modo de control automático, este valor de referencia será el resultado de un cálculo continuo, donde se tomará en cuenta la velocidad de colada actual (valor de referencia remoto).

Control automático

En modo automático, las válvulas reguladoras de los tres sectores serán controladas automáticamente de acuerdo con la posición del Selector de Funcionamiento del MOP:

- **BARRA FALSA y PREPARAR:** las válvulas reguladoras son cerradas automáticamente.
- **COLADA:** si se ha seleccionado el modo de Colada en el MOP y los accionamientos de la extractora no están en marcha, las tres válvulas reguladoras están cerradas. Al inicio de la colada (accionamientos de la extractora en funcionamiento), las válvulas se abrirán inmediatamente para regular continuamente el caudal de agua de acuerdo con el valor de referencia (función de control del caudal en el PLC). Durante una parada de los accionamientos de la extractora, mientras se está colando, la válvula reguladora del Sector 1, 2 y 3 deben cerrarse también temporalmente no a cero, sino al valor de flujo mínimo (cut-off value).

- **SALIDA:** el caudal del agua también será regulado automáticamente mientras el accionamiento de la extractora esté en marcha. La referencia de caudal para el controlador del Sector 2 y 3 se calcula como se ha explicado antes, pero la referencia de caudal final debe ser reducida al 60% del valor calculado (C.O. incluido). Las válvulas reguladoras se cerrarán automáticamente y en secuencia (cambio al 0%) cuando la cola de la barra caliente salga del sector de enfriamiento correspondiente. El seguimiento es realizado por el Codificador del sistema que mide la longitud. La posición del seguimiento a la que pueden cerrarse las válvulas de control del sector de enfriamiento, será establecido durante la puesta en marcha.

En modo de control automático la referencia de caudal es calculada de acuerdo con la velocidad de colada, de manera que el caudal sea directamente proporcional a la velocidad de colada (ver diagrama siguiente). Se puede agregar una constante (c), llamada "Under Proportional Factor" para obtener una curva de enfriamiento diferente. Aun así, la referencia de caudal no puede ser inferior al valor de flujo mínimo (cut-off) mínimo.