

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA,

MECÁNICA-ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA



“ACCIONAMIENTO CON MOTOR SIN ENGRANAJES AL MOLINO SAG DE 24 MW DE LA PLANTA DE MOLIENDA ANTAPACCAY”

**Tesis presentada por el Bachiller:
TORRES OBADA, Christian Renato**

**Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AREQUIPA – PERÚ

2013

DEDICATORIA

*A DIOS por todas las
oportunidades brindadas.*

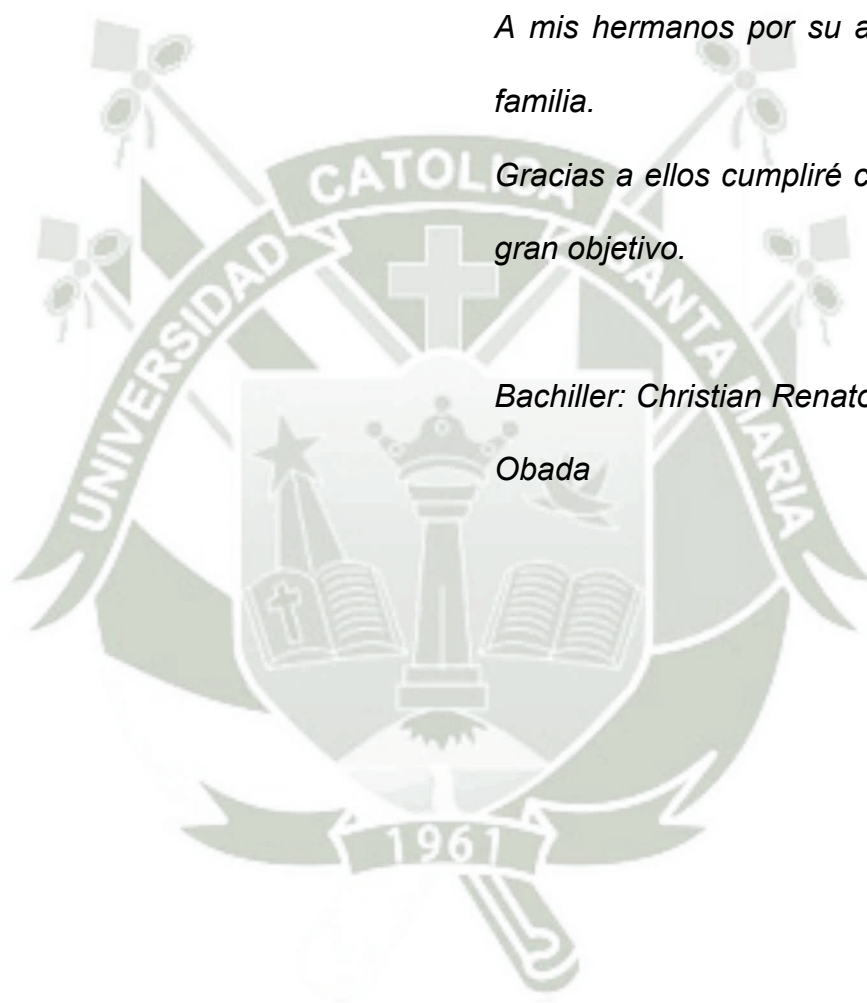
*A mis padres Luz Marina y Emilio
por su apoyo desmedido y su
perseverancia hacia mi persona.*

*A mis hermanos por su amor de
familia.*

*Gracias a ellos cumpliré con este
gran objetivo.*

Bachiller: Christian Renato Torres

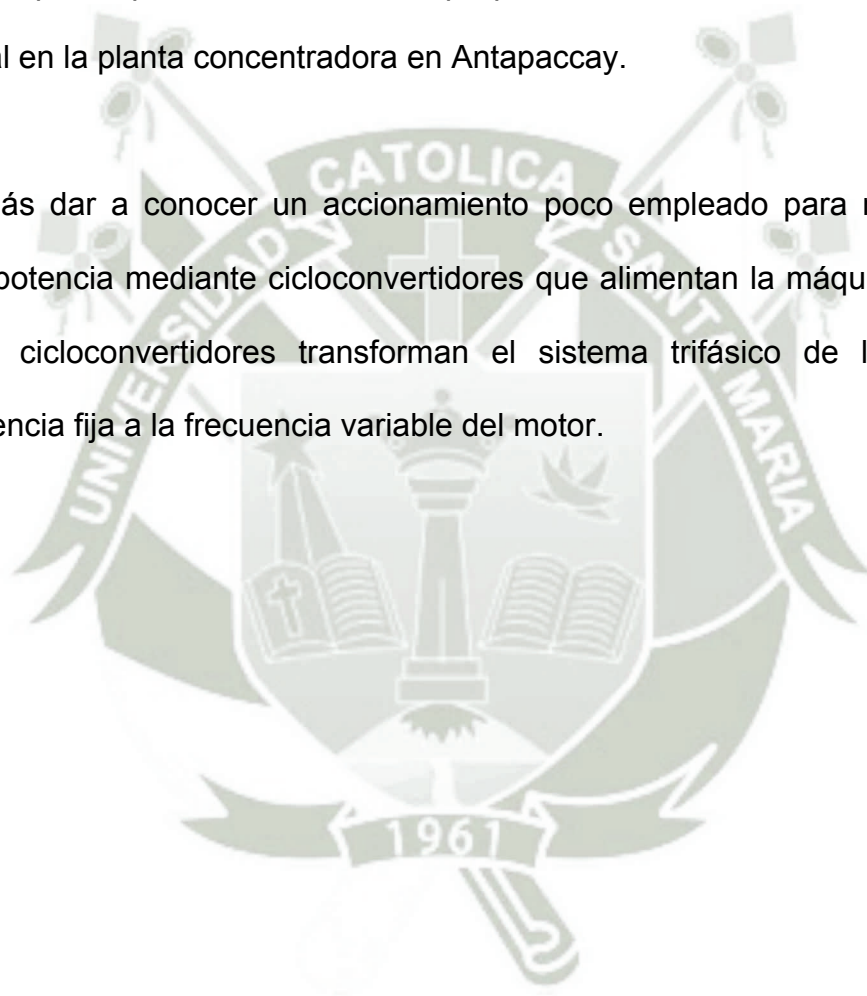
Obada



PRESENTACIÓN

El presente trabajo trata del accionamiento sin engranajes del motor del molino SAG (Semi Autogenous Grinding) que evita todo contacto entre el molino rotativo y las partes estáticas del motor. Esto habilita un flujo de trabajo continuo, sin mantenimiento de los engranajes o de los piñones. Lo que solía ser tiempo de parada es ahora tiempo productivo. El molino SAG es la pieza crucial en la planta concentradora en Antapaccay.

Además dar a conocer un accionamiento poco empleado para máquinas de gran potencia mediante cicloconvertidores que alimentan la máquina síncrona. Estos cicloconvertidores transforman el sistema trifásico de la línea con frecuencia fija a la frecuencia variable del motor.



RESUMEN

El molino SAG es el equipo más importante de la planta concentradora que tiene la función de triturar la merma del mineral para las futuras etapas del proceso de extracción de concentrado. Este cuenta con un motor sin engranajes el cual tiene múltiples ventajas como mayor producción y disponibilidad. Para este equipo se requiere un método de accionamientos en el cual centraremos este trabajo.

El molino SAG de la planta de molienda Expansión Tintaya - Antapaccay que cuenta con una potencia de 24MW y un accionamiento mediante un cicloconvertidor.

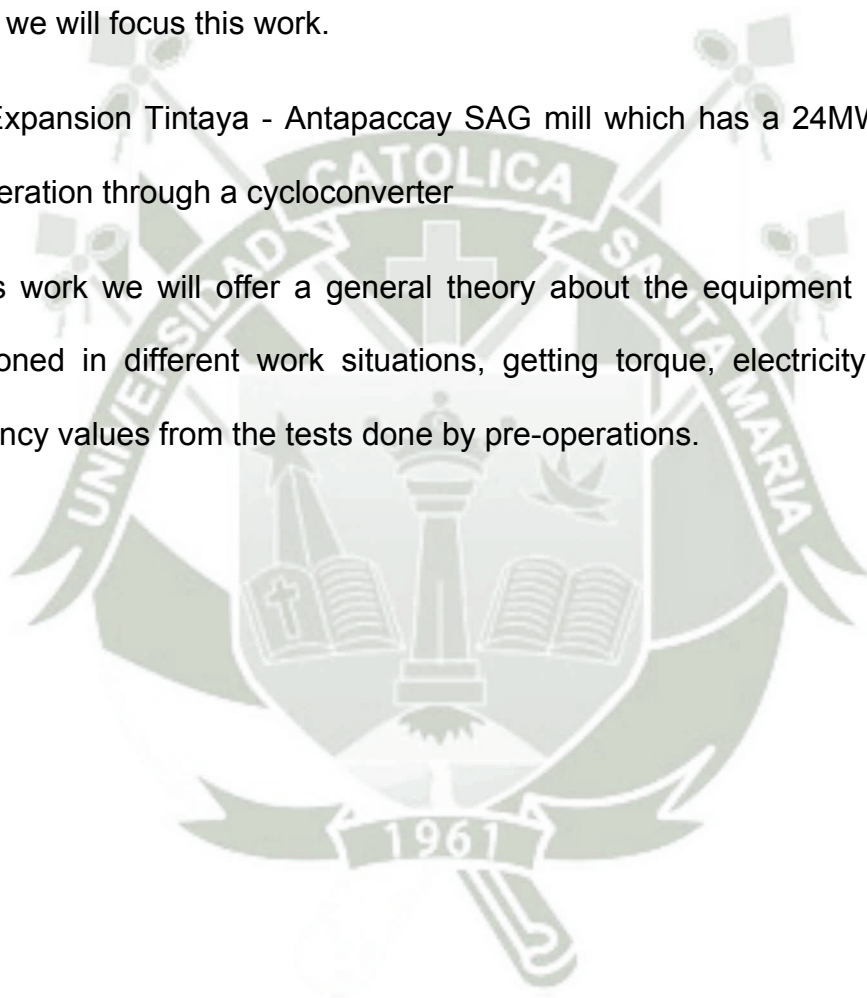
En este trabajo también ofreceremos una teoría general del motor del equipo ya mencionado, en diferentes situaciones de trabajo, obteniendo valores de torque, corriente, potencia, eficiencia a partir de las pruebas hechas por pre operaciones.

ABSTRACT

The SAG mill is the most important equipment of the concentrator which crushes the ore wastage for future stages of the concentrate extraction process. It counts with a gearless motor which has many advantages such as increased production and availability. For this equipment it is required operation method in which we will focus this work.

The Expansion Tintaya - Antapaccay SAG mill which has a 24MW power and an operation through a cycloconverter

In this work we will offer a general theory about the equipment motor above mentioned in different work situations, getting torque, electricity, power and efficiency values from the tests done by pre-operations.



INTRODUCCIÓN

El perfil profesional de Ingeniero Mecánico Electricista está en continuo cambio, cada día el desarrollo tecnológico evoluciona rápidamente. Nuevas máquinas y aplicaciones aparecen en el horizonte. Es necesario preparar a las generaciones de ingenieros que se está formando en nuestra universidad para que puedan afrontar los retos que se presentan. Por esta razón es necesario incorporar herramientas modernas y conceptos adecuados que flexibilicen el conocimiento de estas tecnologías en continuo desarrollo. Para cumplir con este cometido es indispensable romper con aquellos esquemas conceptuales que eran válidos cuando las máquinas eléctricas cumplían con una función mucho más restringida. La investigación metódica y las continuas asesorías profesionales permiten el desarrollo de esta investigación conceptual de las máquinas eléctricas, dentro de los alcances y limitaciones establecidas.

La necesidad permanente de actualizar conocimientos, y la definición constante de nuevas metas y objetivos hacen indispensable la revisión periódica de este tema de tesis. Es un deseo que el material contenido en esta tesis ayude a simplificar la difícil labor del docente en el área de máquinas eléctricas, y el aún más complejo proceso de aprendizaje a los estudiantes de ingeniería mecánica eléctrica. Se ha incluido un número importante de ilustraciones, gráficos y diagramas para facilitar la comprensión de aquellas ideas que tienden hacer difíciles para el estudiante.

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	II
PRESENTACIÓN	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN	VI
CAPITULO I: GENERALIDADES	12
1.1 Planteamiento teórico	12
1.1.1 Enunciado	12
1.1.2 Descripción	12
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo General	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Alcances y limitaciones	14
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	15
2.1 Descripción del Equipo SAG MILL (Molino SAG)	15
2.2 Principio de Funcionamiento del Molino SAG	17
2.2.1 Porcentaje de Sólidos	17
2.2.2 Principio de Funcionamiento	18

2.3	Modos de Operación	21
2.3.1	Marcha Paso por Paso	21
2.3.2	Marcha Lenta	22
2.3.3	Equilibrado	23
2.3.4	Protección contra carga congelada	23
2.3.5	Agitador de carga congelad	24
2.4	Sistema de Enfriamiento	24
2.5	Entrehierro	25
2.6	Máquina Síncrona	26
2.6.1	Descripción de la Máquina Síncrona	26
2.6.2	La Máquina Síncrona de Polos Salientes	30
2.6.2.1	Circuito Equivalente Motor Síncrono de Polos Salientes ...	31
2.7	Cicloconvertidores	33
2.8	Sincronización del Molino SAG	35
2.9	Problemas de Armónicas	40

CAPITULO III: INGENIERIA DEL ACCIONAMIENTO MOTOR MOLINO SAG 24MW PLANTA DE MOLIENDA PROYECTO AMPLIACIÓN TINTAYA ANTAPACCAY 43

3.1	Datos técnicos del Molino SAG	43
3.1.1	Datos del Fabricante.....	43
3.1.2	Circuito Equivalente Motor Molino SAG 24 MW	44
3.1.2.1	Estator.....	44

3.1.2.2	Rotor (Rueda Polar)	45
3.1.3	Perdidas en el Motor del Molino SAG	49
3.2	Descripción del Accionamiento del Motor síncrono de Polos Salientes Rotor tipo Anillo Molino SAG	53
3.2.1	Accionamiento Eléctrico Motor Molino SAG Mediante Cicloconvertidor	56
3.2.2	Función Voltaje de Sincronismo.....	58
3.2.3	Descripción del Rectificador Controlado de Excitación	60
3.2.3.1	Componentes de Excitación	62
3.2.3.2	Método de Control por Campo Orientado	63
3.3	Sistema de Protección y Medida	63
3.3.1	Protección Diferencial	63
3.3.2	Principio de funcionamiento	64
3.3.3	Estabilización de la corriente	65
3.3.4	Estabilización Adicional en el caso de Fallos Situados en el Exterior	68
3.3.5	Estabilización con Armónicos	71
3.3.6	Disparo Rápido en el caso de Fallos de gran Intensidad de Corriente.....	73
3.3.7	El Aumento del Valor de Respuesta Durante el Arranque	74
3.3.8	Curva Característica de Disparo	75
3.3.9	Excitación, Recuperación	77
3.4	Armónicas y Corrección del Factor de Potencia PFC	79

3.4.1	Distorsión Armónica	82
3.4.2	Filtro de Armónicas	84
3.4.2.1	Selección y Tipo de Filtro	86
CAPITULO IV: PRUEBAS		87
4.1	Pruebas	87
4.1.1	Demanda de Potencia en los Molinos SAG	87
4.1.2	Potencia Consumida en Función de Variables de Operación del Molino	88
4.1.3	Potencia de Carga	90
Conclusiones		98
Bibliografía		99

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Planteamiento Teórico

1.1.1 Enunciado:

“ACCIONAMIENTO CON MOTOR SIN ENGRANAJES AL MOLINO SAG DE 24 MW DE LA PLANTA DE MOLIENDA ANTAPACCAY”.

1.1.2 Descripción:

a) Área de conocimiento.

El problema a resolver se encuentra en el área general de la Ingeniería Mecánica Eléctrica en el área específica de máquinas eléctricas.

b) Identificación del problema y alternativas de solución.

El proyecto minero Expansión Tintaya - Antapaccay siendo una de las obras realizadas más grande del Perú, y acorde con las nuevas tecnologías contemporáneas, requiere estar continuamente acompañado de los últimos avances tecnológicos para el funcionamiento de grandes equipos del proyecto ya mencionado. Por lo cual nos centraremos en uno de los equipos de mayor importancia en diferentes aspectos como el molino SAG desde el punto de vista mecánico eléctrico por lo tanto se propone plantear como proyecto de tema de tesis el sistema de accionamiento del equipo nombrado, que pueda ayudar a los futuros ingenieros y también ingenieros de nuestra

alma mater a un mayor conocimiento de equipos gran potencia.

Dicho tema nos permite tener una visión más amplia del tipo de arranque y el comportamiento de un motor de gran potencia (24MW) aplicado a la industria minera.

c) Interrogantes básicas.

¿De qué tipo es el motor eléctrico?

¿Cuál es el tipo de accionamiento?

¿Cuánto es la potencia del motor eléctrico?

¿Cuál es el sistema de protección?

d) Tipo de investigación

El tipo de investigación es de campo que está aplicada para solucionar problemas en un terreno dado, o buscar la forma de resolver alguna necesidad del lugar, este tipo de investigación está bien ligada a los proyectos de ingeniería, los que buscan mediante algún método ya utilizado o similar generar una solución a un problema dado visto en terreno

- Justificación

En el ejercicio profesional el Ingeniero Mecánico Electricista esta muchas veces relacionado con los motores eléctricos sobre todo en su accionamiento, operación y funcionamiento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Transmitir información de campo de equipos de alta potencia que están operando en los nuevos proyectos mineros, optimizando el uso de la energía como: aplicación de cicloconvertidores de alta potencia, software de control y accionamiento electromagnético que evitan pérdidas mecánicas como el caso del molino SAG de 24MW analizado en el presente trabajo de investigación.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar el análisis de un sistema de accionamiento por acoplamiento inductivo en un motor de alta potencia.
- Describir el sistema de protección necesario para la operación segura y eficiente del conjunto motor-molino.
- Desarrollar una tesis con datos reales y aplicados en campo.

1.3 Alcances y limitaciones.

El alcance de la presente investigación es de realizar una ingeniería del arranque del molino SAG (24MW) bajo los estándares de fabricación y de construcción de la empresa que suministra el equipo.

El motor del molino es de tipo síncrono de polos salientes (rotor tipo anillo) con una potencia de 24MW, de tal manera se empleará un accionamiento mediante un cicloconvertidor.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Descripción del Equipo SAG MILL (Molino SAG).

El proceso de molienda de mineral está diseñado para reducir el tamaño de mena triturada o chancada en la preparación para el proceso de flotación de concentrado. El proceso de molienda consume cantidades extremadamente altas de energía eléctrica. El molino primario (SAG) es considerado una etapa en el proceso de trituración (reducción de tamaño del mineral).

El molino SAG está diseñado como un sistema de molienda en circuito cerrado. Esto significa que las partículas de mineral no pueden dejar un molino SAG hasta que su tamaño se ha reducido lo suficiente para permitir que pasen a través de las rejillas de descarga y las pantallas situadas en el extremo de descarga del molino. La clasificación de la descarga del molino es proporcionada por la pantalla del trommel giratorio (ver figura 2.1).

El término molino SAG es un acrónimo de molino semiautogenous. El término de molienda autógena es toda acción de molienda que se lleva a cabo por el mineral mediante vueltas sobre sí mismo. La reducción de tamaño se lleva a cabo por la acción del mismo mineral triturado. En los molinos autógenos plenamente no hay bolas de acero. En plantas donde

hay molienda semiautógena, existe una porción de molienda autógena y otra se lleva a cabo por bolas de acero, por eso es el término semiautógena. Un molino SAG se ilustra en la figura 2.1.

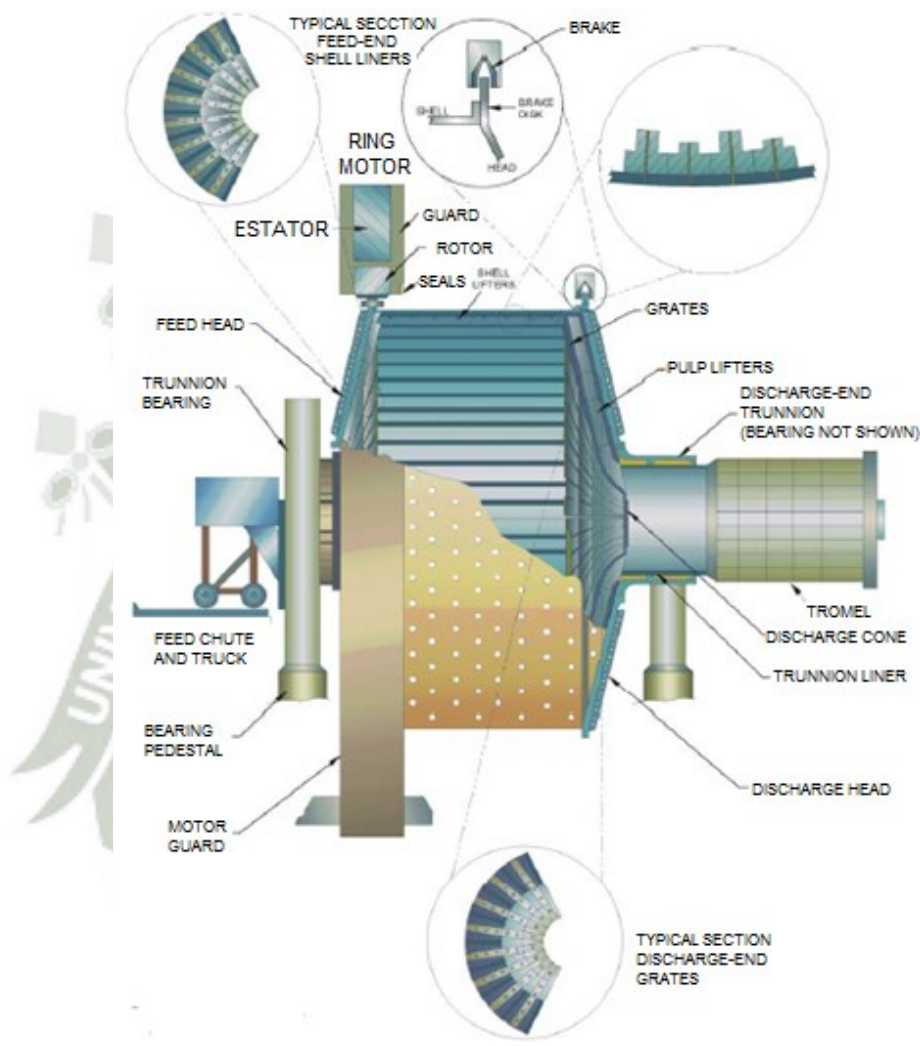


Figura 2.1. Molino SAG.
Fuente: FL Smith

El molino tiene un sistema de accionamiento mediante cicloconvertidores. El rotor de este motor está fijado al molino y el estator está construido en círculo alrededor del molino. La velocidad del molino SAG varía también mediante los cicloconvertidores. Este regula la acción en cascada en el

molino y proporciona un medio de control de la velocidad de molienda del mineral.

El mineral, las bolas de acero, la cascada de agua en el molino y el tamaño de mineral se reduce hasta que fluya a través de las rejillas de descarga de acero fundido con ranuras en el extremo de descarga del molino. Se añade agua con el mineral a la tolva de alimentación del molino SAG. La adición de agua se hace en proporción al peso de mineral que alimenta desde el stock pile (zona acopio de mineral), entonces tendremos una densidad de suspensión ideal (también referido como porcentaje de sólidos) en el molino.

Mostraremos el plano de ubicación del molino SAG en la planta de molienda Antapaccay (ver anexo 1).

2.2 Principio de Funcionamiento del Molino SAG.

2.2.1 Porcentaje de Sólidos.

Comprender el concepto de porcentaje de sólidos es un aspecto muy importante en la operación de la planta concentradora. En las corrientes de lechada de toda la planta contienen una cierta fracción de sólidos de mineral. La fracción de sólidos de mineral que contiene la lechada se expresa como porcentaje de sólidos, puede ser expresado como el peso en kilogramos de un litro de lechada.

Por ejemplo, si la lechada contiene 60 % de sólidos, significa que por cada 100 gramos de lechada, hay 60 gramos de partículas de mineral y 40 gramos de agua.

2.2.2 Principio de Funcionamiento.

El molino SAG es un equipo de gran tamaño y su carga está compuesta de: una porción de nuevo mineral, bolas de molienda de acero, mineral de la molienda previa y agua. La carga total del molino ocupa hasta el 30 % del volumen del molino. Las bolas de molienda por si solas generalmente ocupan aproximadamente 8 a 15 % del volumen del molino. El molino está diseñado para contener un volumen máximo de bolas de acero de 18 %. Estos volúmenes de llenado son aproximados y los volúmenes óptimos dependen de los resultados de la experiencia real de la planta.

El molino gira y al caer violentamente su contenido causa la fragmentación del mineral. El molino está revestido internamente con liners (chaquetas) de acero al cromo molibdeno para proteger la carcasa (encamisetado). Los revestimientos están equipados con dispositivos elevadores que ayudan a la trituración y la mezcla de la carga durante la rotación del molino. La carga se eleva alrededor de dos tercios de la altura del arco de la carcasa antes de caer al pie de la carga. La molienda dentro del molino es una combinación de trituración del mineral y una acción de secado de este, mordiendo o apretando el mineral con las bolas de acero y la abrasión a partir de partículas que frotan una con otra y contra las bolas. En un molino SAG la molienda por abrasión es mínima.

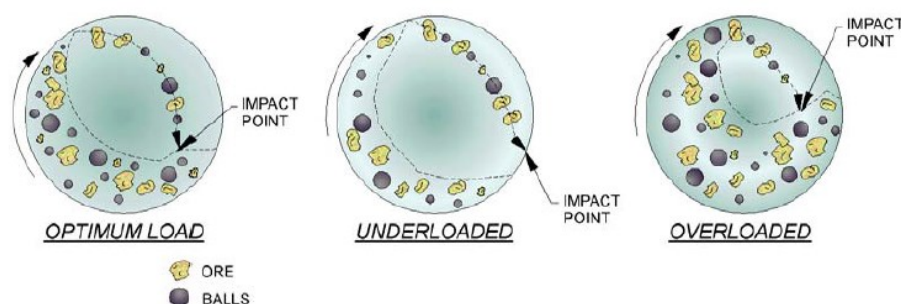


Figura 2.2. Tipos de carga en el molino SAG

Fuente: FL Smith

La velocidad del molino genera gran parte de la acción elevadora de la carga o pulpa de mineral. El molino SAG es accionado por un motor de velocidad variable y se acciona típicamente en el intervalo de 10 % a 85 % de su velocidad crítica. La velocidad crítica es la rotación del molino a la que la fuerza centrífuga mantiene todo el material en las paredes del molino y evita la acción catarata requerido para una molienda eficiente.

Conservar el nivel de carga adecuado en el molino es uno de los elementos más importantes para una molienda eficiente. La variación de la velocidad del molino es una variable de control importante en la molienda. El operador debe asegurarse que los revestimientos de los molinos estén protegidos de la influencia directa de las bolas de molienda. Esto se logra al mantener un lecho de mineral en la que las bolas de acero pueden aterrizar durante la acción en cascada. Si el mineral es más suave, más rápido se muele. En condiciones que el mineral es suave y a velocidades normales de molienda, es difícil mantener una cama de mineral en el molino, mientras que al mismo

tiempo se tiene que prevenir que los circuitos posteriores a la molienda no reciban exceso de flujo de suspensión de tierras. En este caso el operador puede disminuir la velocidad del molino.

Esto reduce las tasas de molienda y mantiene el lecho del mineral en el molino. Si el mineral es más difícil de triturar, el operador puede acelerar el molino. Esto aumenta la acción en cascada, que a su vez aumenta la velocidad a la que se rompe el mineral. Por lo tanto, mediante el uso de la velocidad del molino, el operar puede variar tanto la tasa de rotura de mineral y proteger los revestimientos del molino. Es importante que el operador tenga conocimiento que la velocidad del molino y la potencia del motor son directamente proporcionales. El molino SAG viene con un medidor de impacto para un mejor control de la velocidad del molino y también monitorear el desgaste en el revestimiento mediante la medición del sonido en la cámara de molienda.

El molino tiene un extremo falso en el cabezal de descarga, formado por rejillas metálicas pesadas y levantadores de pulpa. La cavidad entre ese extremo y la cabeza del molino está forrada con revestimientos de acero al cromo-molibdeno.

A medida que el lodo llega a la parte superior de su rotación, se descarga fuera del trunnion (ver figura 2.1) y en las pantallas de clasificación conocido trommel (ver figura 2.1).

2.3 Modos de Operación.

Un tablero de mando basado en un sistema altamente sofisticado que ayuda al operador a manejar el molino mediante la simple pulsación de unos cuantos botones. El diseño facilita la operación del molino y reduce el mantenimiento en parada de planta. La operación normal se implementa desde el tablero de mando local, o bien, remotamente desde la sala de mando central. Toda parada normal termina con una carga equilibrada del molino, lo cual evite cualquier oscilación subsiguiente del mismo. El cambio de la dirección de rotación se inicia mediante el giro de un interruptor siempre y cuando la carga esta equilibrada.

2.3.1 Marcha paso por paso.

La marcha paso por paso es rápida y termina con la carga equilibrada del molino, sin oscilaciones subsiguientes.

El operador de mantenimiento a cargo del tablero de mando selecciona el ángulo necesario. El motor acelera el molino a 1 rpm. Mientras el molino está iniciando la marcha, se toman en cuenta las variables de ángulo de giro y el par máximo del motor necesario (cuando la carga comienza el efecto de cascada), y se almacena en la unidad de control. Con estos valores, el control de bucle cerrado calcula automáticamente el ángulo necesario para equilibrar el molino durante el procedimiento de parada de la máquina. El freno se activa automáticamente.

No hay tiempo de espera. Tampoco se necesita ninguna operación adicional para equilibrar la carga del molino. El personal de

mantenimiento del molino puede entrar de manera segura a la máquina en una superficie nivelada, sin riesgo de que el material pueda caerse.

2.3.2 Marcha lenta.

Una marcha lenta es a 0.3 rpm es útil para movimientos lentos, los cuales le permite al operador de mantenimiento observar directamente el proceso, con el objeto de restringir al molino a una cierta posición. Un tablero portátil de marcha lenta permite la operación del molino. Esto permite al operador colocar el molino exactamente en una posición en que el revestimiento solicitado este sin material y así proceder con la inspección programada.

Con el tablero portátil de marcha lenta, el operador se puede desplazar libremente alrededor del molino y puede observarlo desde lugares diferentes. Pulsa el botón (Marcha) en el tablero de marcha lenta hace que el motor comience a rotar el molino lentamente a 0.3 rpm en la dirección elegida en el tablero de mando.

El molino eleva la carga. Lo más probable es que el operador desee esperar hasta que la carga comience el efecto de cascada. Cuando el operador desee parar el molino, suelta el botón, el molino retiene la carga, aplica el freno y la carga permanece en la posición no compensada. El motor ahora pone en marcha el molino directamente desde esta posición en desequilibrio. Este modo de operación permite la inspección de diferentes puntos en el armazón del molino o dentro del molino.

2.3.3 Equilibrado.

Si fuera necesario equilibrar el molino a partir de cualquier posición, el operador puede sencillamente cambiar al modo de equilibrado y poner en marcha el molino. Esto permite que el motor equilibre la carga del molino sin ninguna oscilación para permitir a la cuadrilla de mantenimiento acceso inmediato y seguro. Los procedimientos de marcha paso por paso y marcha lenta así como su fácil manejo reducen considerablemente el tiempo de inactividad para mantenimiento del molino e incrementan la disponibilidad y productividad del mismo. Estas metas se pueden lograr con un tacómetro de alta precisión, el cual tiene una resolución de 3 mm.

2.3.4 Protección contra Carga Congelada.

Una carga “congelada” o “pegada” es capaz de destruir el cuerpo y los descansos del molino si ésta cae desde la parte superior del molino después de una rotación de 180° . Esto puede causar daños en la estructura del equipo y llevar un tiempo de inactividad prolongado y pérdidas de producción considerables. El conocimiento detallado del problema tecnológico junto con las capacidades del control de bucle cerrado permitió al fabricante desarrollar una frozen charge protection (protección contra carga congelada). Bajo operación normal, la carga comienza a deslizarse una vez al molino lo que logra un cierto ángulo entre 40° y 70° , y el par torsor de la carga disminuye. El sistema de protección contra carga congelada supervisa y utiliza esta disminución

del par torsor para detener el molino antes de que se produzca la caída de una carga congelada y dañe la estructura.

2.3.5 Agitador de carga congelada.

Detener el molino en caso de una carga congelada evita daños en la estructura del molino, pero no resuelve el problema completamente. Después de pararse el molino, la carga permanece en condición “congelada” y se la ha de fragmentar por medios mecánicos y agua. Estas actividades adicionales toman tiempo y causan pérdidas de producción. El sistema sin engranajes proporciona un “agitador de carga congelada” que fragmenta la carga congelada y la retira del cuerpo del molino. El sistema de agitador de carga congelada permite el movimiento del molino con velocidad y aceleración variable a un ángulo predeterminado donde libre de riesgos se puede fragmentar y retirar la carga congelada del cuerpo del molino. El ángulo y el movimiento están diseñados para fragmentar la carga congelada y retirarla del cuerpo del molino. Esta característica está patentada en todos los países donde se aplica esta tecnología en industria minera.

2.4 Sistema de enfriamiento.

El estator está construido en cuatro segmentos, y cada segmento tiene su propio sistema de refrigeración integrado. El aire es aspirado a través de un sistema de filtro, y es enfriado por agua que pasa a través de un intercambiador de calor, y se inyecta al motor para su enfriamiento. El motor está sellado para evitar salpicaduras del proceso de molienda, y

que el aire a presión evite la entrada de polvo en suspensión. Para evitar la condensación de la humedad contenida dentro del motor, los sensores detendrán el agua de refrigeración. A medida que la temperatura desciende de un valor predeterminado, un sistema de calefacción instalado dentro del equipo automáticamente calientan el aire.

2.5 Entrehierro.

La dimensión más crítica para un motor de accionamiento sin engranajes es el entrehierro. Su tamaño depende de la redondez y la concentricidad del rotor/estator. La desviación en la concentricidad es la fuente de fuerzas electromagnéticas desbalanceadas entorno al entrehierro del motor sin engranajes, y en consecuencia es vital para la distribución, de esfuerzos y calcular la cimentación del molino.

El diseño, que tiene un entrehierro nominal de 16 a 17 mm para los molinos SAG, permite una excentricidad máxima. El monitoreo del entrehierro ayuda a mitigar la realidad de las variaciones en la redondez y en la concentricidad que dependen de las condiciones térmicas, de la carga y del proceso. Esta excentricidad es controlada mediante los sensores capacitivos sin contacto físico ubicados sobre el estator para monitorear el entrehierro, además los sensores tienen la función de informar acerca del estado del entrehierro cuando el equipo está detenido.

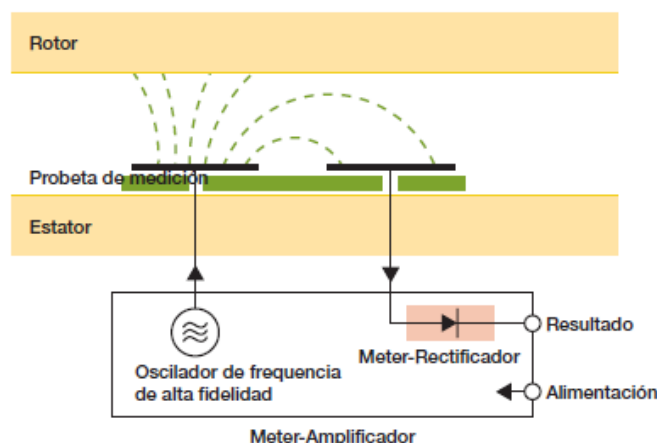


Figura 2.3. Monitoreo avanzado del entrehierro.
Fuente ABB

2.6 Máquina Síncrona.

2.6.1 Descripción de la máquina síncrona.

La máquina síncrona es un convertidor electromecánico de energía con un elemento giratorio denominado rotor o campo, cuya bobina se excita mediante la inyección de una corriente continua, y una pieza fija denominada estator o armadura por cuyas bobinas circula corriente alterna. Las corrientes alternas que circulan por los enrollados del estator producen un campo magnético rotatorio que gira en el entrehierro de la máquina con la frecuencia angular de las corrientes de armadura. El rotor debe girar a la misma velocidad del campo magnético rotatorio producido en el estator para que el par eléctrico medio pueda ser diferente de cero. Si las velocidades angulares del campo magnético rotatorio y del rotor de la máquina síncrona son diferentes, el par eléctrico medio es nulo. Por esta razón a esta máquina se la denomina síncrona; el rotor gira mecánicamente a la

misma frecuencia del campo magnético rotatorio del estator durante la operación en régimen permanente. En la figura 2.4, se observa los dos tipos de rotores de una máquina síncrona.

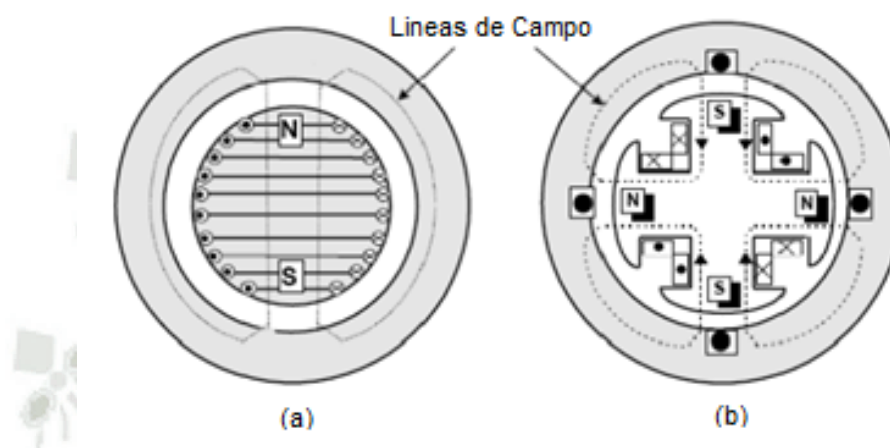


Figura 2.4. Tipos de rotores de máquinas síncronas: (a) cilíndrico (b) de polos salientes.

Durante la operación de la máquina síncrona en régimen permanente, la velocidad mecánica del rotor es igual a la velocidad angular del campo magnético rotatorio producido por el estator. En estas condiciones, sobre los conductores o bobinas del campo no se induce fuerza electromotriz. Para producir fuerza magnetomotriz en el rotor es necesario inyectar corriente en esta bobina mediante una fuente externa. De esta forma se obtienen dos campos magnéticos rotatorios que giran a la misma velocidad, uno producido por el estator y otro por el rotor. Estos campos interactúan produciendo par eléctrico medio y se realiza el proceso de conversión electromecánica de energía. De acuerdo con la siguiente expresión, la condición necesaria, pero no

suficiente, para que el par medio de la máquina sea diferente de cero es:

$$\omega_e = p \cdot \omega_m$$

Dónde:

ω_e : Velocidad angular del campo magnético del inducido.

ω_m : Velocidad angular del campo magnético del inductor.

p : Número de pares de polos de la máquina sincrónica.

La bobina del rotor o campo de la máquina sincrónica se alimenta mediante la inyección de corriente continua, como se mencionó anteriormente, con la finalidad de producir un campo magnético de magnitud constante, semejante al de un imán permanente, pero de una intensidad mucho mayor.

Debido a que el rotor de la máquina gira en régimen permanente a la velocidad sincrónica, el campo magnético constante producido en este sistema se comporta, desde el punto de vista del estator, como un campo magnético rotatorio.

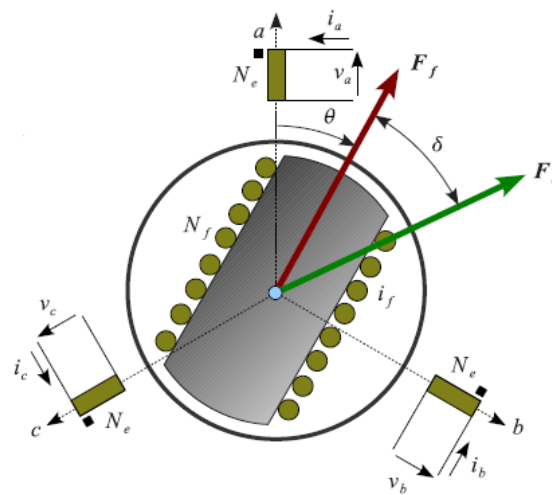


Figura 2.5. Esquema básico de una máquina síncrona de polos salientes.

Para evaluar la magnitud del par en una máquina síncrona se puede recordar la expresión.

$$T_e = k \cdot F_f \cdot F_e \cdot \text{sen} \delta$$

Dónde:

T_e : Par de la máquina síncrona.

k : Constante de proporcionalidad que depende de la geometría de la máquina y de la disposición física de las bobinas.

F_f : Amplitud de la distribución sinusoidal de la fuerza magnetomotriz del rotor.

F_e : Amplitud de la distribución sinusoidal de la fuerza magnetomotriz del estator.

δ : Ángulo entre las amplitudes de las dos fuerzas magnetomotrices, conocido generalmente como ángulo de carga.

Las fuerzas magnetomotrices del estator F_e , y del rotor F_r tienen una amplitud constante y para que en la expresión anterior, el par medio resulte constante, es necesario que el ángulo δ entre las dos fuerzas magnetomotrices sea constante en el tiempo durante la operación en régimen permanente. Para lograr esto, las dos fuerzas magnetomotrices deben girar a la misma velocidad angular.

Cuando la máquina sincrónica se encuentra desequilibrada, el campo magnético rotatorio producido por las bobinas del estator es elíptico. Este campo se puede descomponer en dos campos magnéticos rotatorios circulares de sentidos contrarrotativos. Para que sea posible la producción de par eléctrico medio en estas condiciones, es necesario que la velocidad del rotor esté sincronizada con uno de los dos campos magnéticos contrarrotativos. El campo que está fuera de sincronismo y gira en el sentido contrario del rotor, produce par eléctrico transitorio, pero su valor medio es cero.

2.6.2 La Máquina Síncrona de Polos Salientes.

Un rotor cilíndrico presenta un entrehierro casi uniforme, y la variación en la reluctancia del entrehierro alrededor de su periferia, debido a las ranuras, es despreciable. Por otro lado, un motor de polos salientes tiene un entrehierro más grande en la región entre los polos que en la región de las caras polares, como resulta evidente en la figura 2.6.

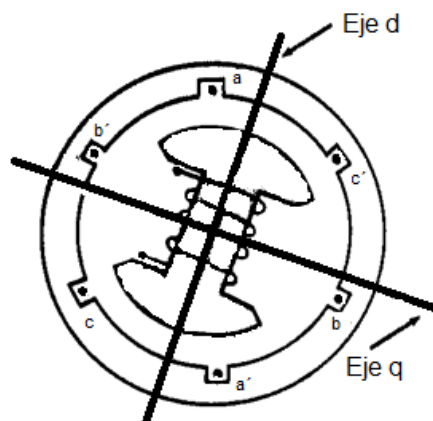


Figura 2.6. Motor síncrono de polos salientes.

Por lo tanto, cabe esperar que las reluctancias en las dos regiones del motor síncrono de polos salientes difieran en forma significativa. Para explicar tal diferencia, la reactancia síncrona se divide en dos reactancias. La componente de la reactancia síncrona a lo largo del eje polar (eje d) comúnmente se llama reactancia síncrona del eje directo, X_d , y la otra componente a lo largo del eje entre los polos (eje q) se denomina reactancia síncrona del eje de cuadratura, X_q . La corriente de la armadura I_a también se reduce a dos componentes, la componente directa I_d y la componente de cuadratura I_q . La componente directa I_d produce el campo a lo largo del eje d y está en atraso respecto de E_a en 90° . La componente de cuadratura I_q produce el campo a lo largo del eje q y está en fase con E_a .

2.6.2.1 Circuito Equivalente Motor Síncrono de Polos Salientes.

El circuito equivalente de un motor síncrono de rotor cilíndrico es exactamente igual que el de un generador síncrono de rotor cilíndrico, salvo por la dirección de la corriente de la armadura I_a . Por analogía,

es posible obtener el circuito equivalente de un motor síncrono de polos salientes como se ilustra en la figura 2.7, las polaridades de las fem inductivas en los ejes d y q se han invertido para explicar el cambio de dirección de las corriente de fase. Con base a la figura 2.7 (a), el voltaje de excitación por fase puede expresarse como sigue.

$$\tilde{E}_a = \tilde{V}_a - \tilde{I}_a R_a - j\tilde{I}_d X_d - j\tilde{I}_q X_q$$

$$\tilde{E}_a = \tilde{V}_a - \tilde{I}_a R_a - j\tilde{I}_a X_d - j\tilde{I}_d (X_d - X_q)$$

$$\tilde{E}_a' = \tilde{V}_a - \tilde{I}_a R_a - j\tilde{I}_a X_q$$

$$\tilde{E}_a = \tilde{E}_a' - j\tilde{I}_d (X_d - X_q)$$

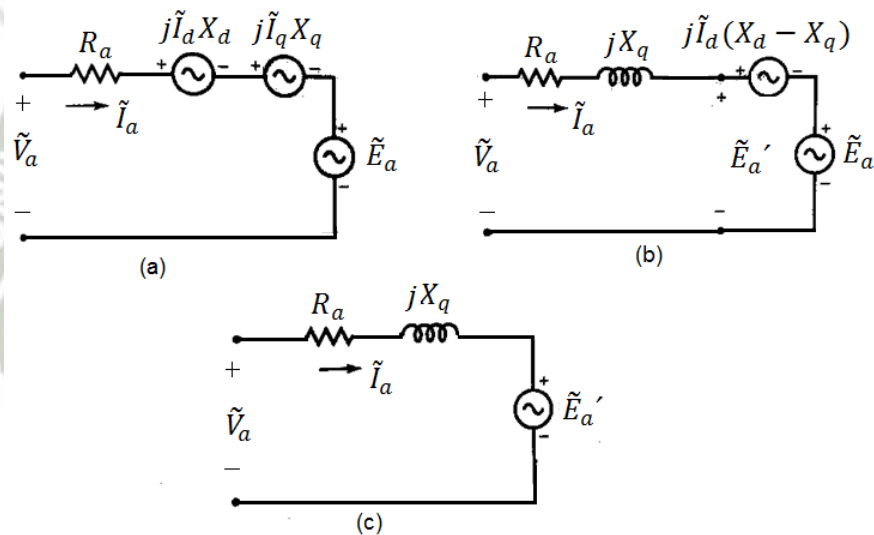


Figura 2.7. Representaciones de circuitos equivalentes por fase de un motor síncrono de polos salientes.

Trazamos el diagrama fasorial (figura 2.8) para un motor síncrono de polos salientes que describan $\tilde{E}_a'$ como $\tilde{E}_a$.

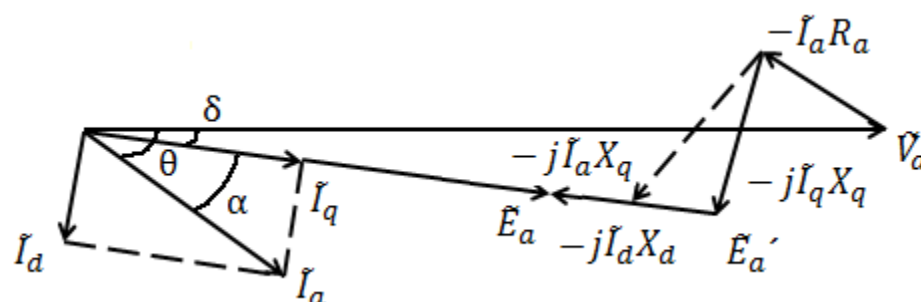


Figura 2.8. Diagrama fasorial de un motor síncrono de polos salientes.

2.7 Cicloconvertidores.

Un cicloconvertidor produce potencia de ca de baja frecuencia directamente a partir de una fuente de ca de alta frecuencia. En la figura 2.9, se muestra un cicloconvertidor simple. Consta de tres grupos de tiristores, montados espalda con espalda y conectados a una fuente trifásica. Los tres suministran conjuntamente potencia monofásica a una carga resistiva R.

Para entender la operación del circuito, suponga que los tiristores están inicialmente bloqueados (no conducen). Entonces, durante un intervalo T, las compuertas de los tiristores Q1, Q2 y Q3 son activadas por 4 pulsos sucesivos g1, g2, g3, g1, de tal manera que los tiristores funcionan como si fueran diodos ordinarios. En consecuencia, el circuito se comporta como un rectificador trifásico y la terminal 4 es positiva con respecto a N (Fig. 2.10).

Durante el siguiente intervalo T, los tiristores Q4, Q5, Q6 son activados por 4 pulsos similares g4, g5, g6, g4. Esto hace que la terminal 4 sea

negativa con respecto a N. El proceso de activación se repite entonces para los tiristores Q1, Q2, Q3 y así sucesivamente, lo que da como resultado que aparezca un voltaje de ca de baja frecuencia a través de la carga. La duración de un ciclo es de $2 T$ segundos. Comparada con una onda seno, la forma de onda de baja frecuencia es un tanto deficiente. Es de cresta plana y tiene una fluctuación de 180 Hz cuando la frecuencia trifásica es de 60 Hz. Sin embargo, esto no tiene mucha importancia porque existen medios para mejorarla.

Volviendo a la figura 2.10, y suponiendo una fuente de 60 Hz, podemos comprobar que cada semiciclo corresponde a 540° , sobre una base de 60 Hz.

Por consiguiente, la duración de T es $(540/360) \times (1/60) = 0.025$ s, la cual corresponde a una frecuencia de $1/(2 \times 0.025) = 20$ Hz.

Obviamente, repitiendo la secuencia de activación $g_1, g_2, g_3, g_1, \dots$, podríamos mantener positiva la terminal 4 durante tanto tiempo como deseemos, seguido por un periodo negativo de la misma duración, cuando se activen $g_4, g_5, g_6, g_4, \dots$. De este modo podemos generar frecuencias tan bajas como queramos. El extremo alto del espectro de frecuencia está limitado a aproximadamente 40 por ciento de la frecuencia de suministro. El lector también deberá observar que este cicloconvertidor puede alimentar a una carga monofásica con un sistema trifásico, sin desequilibrar las líneas trifásicas.

Más adelante veremos cicloconvertidores que pueden producir una salida

trifásica sinusoidal de baja frecuencia a partir de una entrada trifásica de 60 Hz.

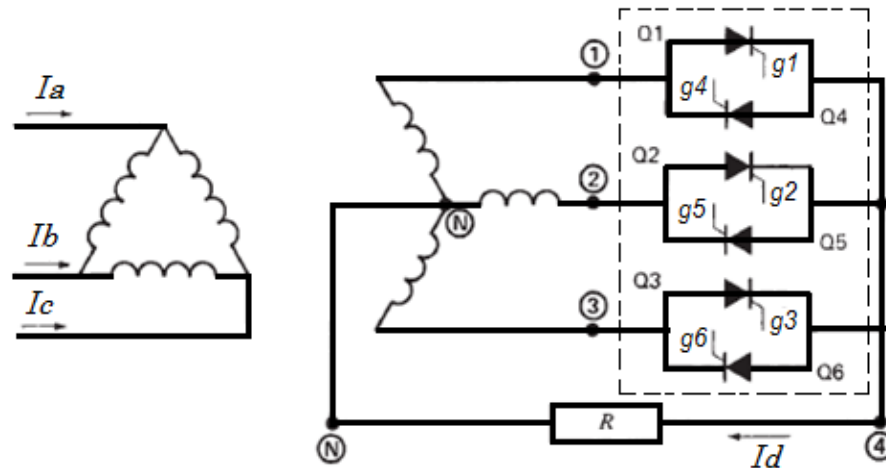


Figura 2.9. Cicloconvertidor elemental.

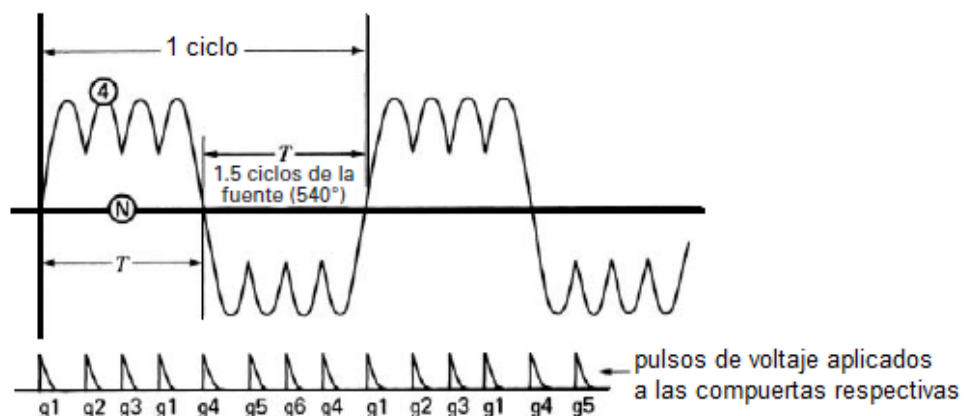


Figura 2.10. Salida de voltaje típica de un cicloconvertidor.

2.8 Sincronización del Molino SAG.

En cuanto el motor está funcionando cerca de la velocidad síncrona, el rotor es excitado con la corriente directa (440 V). Esto produce polos N y S alternos alrededor de la circunferencia del rotor (Figura 2.11). Si en este instante los polos quedan frente a los polos de polaridad opuesta en el

estator, se crea una fuerte atracción magnética entre ellos. Esta atracción mutua mantiene juntos los polos del rotor y del estator, y el rotor es literalmente obligado a sincronizarse con el campo rotatorio. Por ello, el momento de torsión desarrollado en este instante se llama momento de torsión de ajuste a sincronismo.

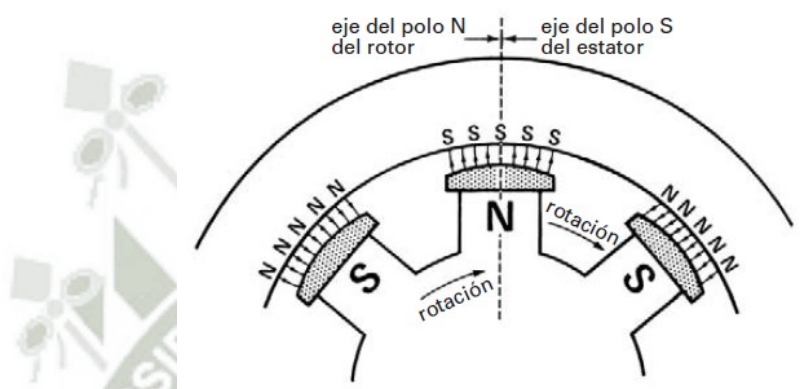


Figura 2.11. Los polos del rotor son atraídos por los polos opuestos del estator. Sin carga, los ejes de los polos coinciden.

El par o momento de torsión de ajuste a sincronismo de un motor síncrono es poderoso, pero la corriente directa se debe aplicar en el instante correcto. Por ejemplo, si los polos emergentes N, S del rotor están opuestos a los polos N, S del estator, la repulsión magnética resultante producirá un violento choque mecánico. El motor se desacelerará de inmediato y los sistemas de protección se activarán. En la práctica, los sistemas de sensores en los circuitos arrancadores de motores síncronos están diseñados para detectar el instante preciso en que se deberá aplicar la excitación. Entonces el motor se acelera automáticamente y se sincroniza con el campo rotatorio.

Básicamente, un motor síncrono gira a causa de la atracción magnética

entre los polos del rotor y los polos opuestos del estator.

Para invertir la dirección de rotación, simplemente se intercambian dos líneas cualesquiera conectadas al estator.

Cuando un motor síncrono funciona sin carga, los polos del rotor están directamente opuestos a los del estator y sus ejes coinciden (Figura 2.11). Sin embargo, si aplicamos una carga mecánica, los polos del rotor se retrasan un poco respecto a los polos del estator el ángulo de retraso es el ángulo de torque del motor, pero el rotor continúa girando. El ángulo mecánico α entre los polos se incrementa progresivamente conforme incrementamos la carga (Figura 2.12). No obstante, la atracción magnética mantiene el rotor ligado al campo rotatorio y el motor desarrolla un par o momento de torsión cada vez más conforme se incrementa el ángulo.

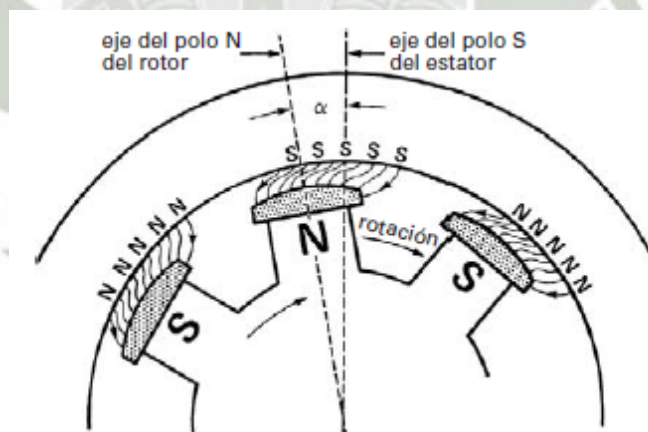


Figura 2.12. Los polos del rotor son desplazados con respecto a los ejes de los polos del estator cuando el motor suministra potencia mecánica.

Pero existe un límite. Si la carga mecánica excede el par o momento de torsión crítico o límite del motor, los polos del rotor se apartan

repentinamente de los polos del estator y el motor se detiene. Un motor que se desincroniza crea una perturbación importante en la línea, por lo que se activan de inmediato los sistemas de protección. Esto protege el motor porque tanto el devanado del rotor como el del estator se sobrecalientan rápidamente y la máquina deja de funcionar.

El par o momento de torsión crítico depende de la fuerza magnetomotriz desarrollada por los polos del rotor y del estator. La fmm de los polos del rotor depende de la excitación de cd, mientras que la del estator depende de la corriente alterna que fluye en los devanados. El par o momento de torsión crítico generalmente es 1.5 a 2.5 veces el par o momento de torsión nominal a plena carga.

El ángulo mecánico entre los polos del rotor y del estator tiene una relación directa con la corriente del estator. Conforme se incrementa el ángulo, la corriente aumenta. Esto es de esperarse porque un ángulo más grande corresponde a una carga mecánica más grande y la potencia incrementada sólo puede provenir de la fuente de ca trifásica.

Una vez descrito algunas definiciones acerca de la sincronización de motores síncronos, seguiremos con la segunda parte respecto a este punto que son la importancia de los cicloconvertidores tanto en el accionamiento como el control dinámico del molino SAG.

Los cicloconvertidores permiten controlar la velocidad y el par o momento de torsión variando el voltaje y la frecuencia de ca.

Los cicloconvertidores pueden convertir directamente potencia de ca de

alta frecuencia a baja frecuencia. Este cicloconvertidor de 12 pulsos se utiliza para controlar el molino SAG de 24 megawatts. Utilizamos una fuente de 60 Hz, y tendremos varios valores de frecuencia en diferentes estados de marcha como, teniendo como frecuencia nominal salida del cicloconvertidor de 6.629 Hz. Esta frecuencia tan baja permite controlar con precisión la forma de onda del voltaje de salida mediante la activación controlada por computadora de las compuertas de los tiristores. Los tiristores son conmutados por línea, así que la complejidad de la electrónica que implica cada SCR permite mantener en sincronismo la frecuencia de la señal del estator con el movimiento del rotor.

El molino SAG de 24 MW (Antapaccay) tiene dos grupos de cicloconvertidores cada una de estos contiene tres configuraciones iguales de veinticuatro tiristores cada configuración. Cada cicloconvertidor produce una salida monofásica, que son integradas para obtener la salida trifásica que alimenta al estator.

El voltaje de salida a baja frecuencia se compone de segmentos seleccionados del voltaje de línea trifásico de 60 Hz. La activación de las compuertas de los SCRs determina los segmentos. El voltaje de salida a baja frecuencia tiene la misma amplitud pico que el voltaje de línea trifásico; por consiguiente tiene el mismo valor eficaz.

Durante el semiciclo positivo, los tiristores correspondientes se activan en secuencia, seguido de los tiristores correspondientes al semiciclo negativo, esto se logra mediante un Closed Loop Control que es diseñado

con base a la experiencia adquirida por parte del fabricante. Este software ha sido programado a fin de facilitar la solución de problemas y se implementaron características especialmente para fines de mantenimiento.

2.9 Problemas de Armónicas.

Los componentes y circuitos electrónicos de potencia son tan flexibles y útiles que en la actualidad controlan 50 o 60 % de la carga total de la mayoría de los sistemas de potencia en los países desarrollados. Como resultado, el comportamiento de estos circuitos electrónicos de potencia influye en la operación general de los sistemas de potencia en los que están conectados.

El principal problema asociado con la electrónica de potencia son los componentes de armónicas en el voltaje y corriente inducidos en el sistema por conmutación transitoria en los controladores electrónicos de potencia. Estas armónicas incrementan los flujos de corriente total en las líneas (en especial en el neutro de los sistemas de potencia trifásicos). Las corrientes extras incrementan las pérdidas y el calentamiento de los componentes de los sistemas de potencia, lo cual exige disponer de componentes más grandes para suministrar la misma carga total. Además, las altas corrientes en el neutro pueden disparar los relés de protección y desconectar partes del sistema de potencia.

Como ejemplo de este problema, considérese un motor trifásico equilibrado con una conexión en estrella que toma 10 A. a plena carga.

Cuando se conecta el motor al sistema de potencia, las corrientes que fluyen en cada fase serán iguales en magnitud y estarán 120° fuera de fase entre sí, y la corriente de retorno en el neutro será 0 (véase la figura 2.13.). Ahora considérese el mismo motor alimentado por la misma potencia total a través de un rectificador-inversor que produce pulsos de corriente. En la figura 2.14 se muestran las corrientes en la línea de potencia. Nótese que la corriente rms (valor eficaz) de cada línea también es de 10A, pero el neutro también tiene un corriente rms de 15A. La corriente en el neutro consiste totalmente de componentes armónicas.

Armónicas generadas por la electrónica de potencia aplicado en el sistema de control y que se ajusten a los límites establecidos según las normas IEEE 519-1992 y la norma peruana 020-97 EM del equipo instalado en la mina

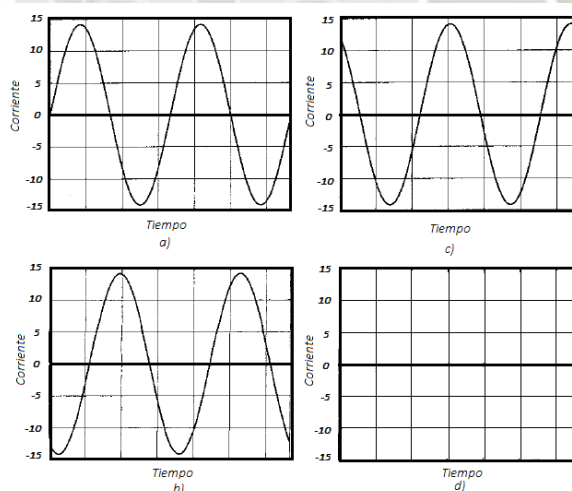


Figura 2.13. Flujo de corriente de un motor trifásico balanceado con conexión en estrella: a) fase a; b) fase b; c) fase c; d) neutro. El flujo de corriente rms en las fases a,b y c es de 10 A y el flujo de corriente en el neutro es de 0.

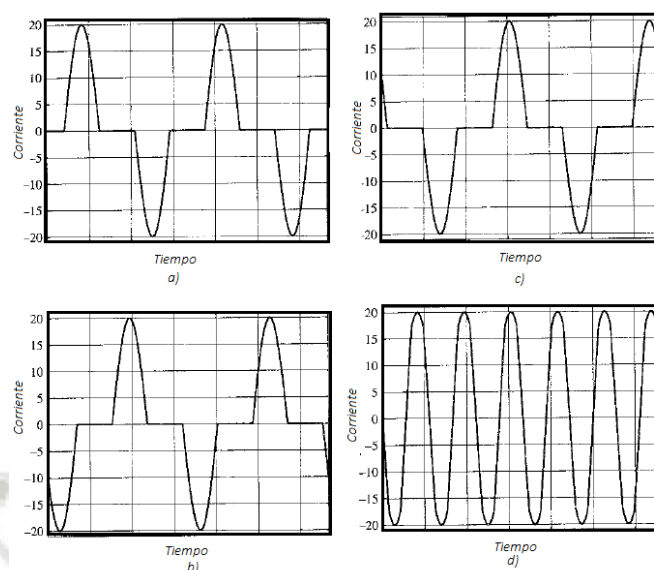


Figura 2.14. Flujo de corriente de un motor trifásico balanceado con conexión en estrella conectado a la línea de potencia a través de un controlador electrónico de potencia que produce pulsos de corriente: a) fase a; b) fase b; c) fase c; d) neutro; el flujo de corriente rms en las fases a, b y c es de 10 A y el flujo de corriente en el neutro es de 15 A.

CAPITULO III

INGENIERIA DEL ACCIONAMIENTO MOTOR MOLINO SAG 24MW PLANTA DE MOLIENDA PROYECTO AMPLIACIÓN TINTAYA ANTAPACCAY

3.1 Datos técnicos del Molino SAG.

3.1.1 Datos del fabricante.

Los datos eléctricos indicados a continuación corresponden a 4200 msnm.

Potencia	: 24 [MW]
Voltaje	: 2x3700 [V]
Corriente / Max. Corriente de Arranque	: 2x1964/2x3044 [A/A]
Velocidad de Operación / Frecuencia	: 9.04/6.629 [$\text{min}^{-1}/\text{Hz}$]
Potencia de Salida de Excitación	: 443 [KW]
Corriente Excitación / Voltaje	: 1007/440 [A/V]
Torque de Arranque / Tiempo de Arranque	: 1.55/60 [p.u/sec]
$\cos\phi$ Arranque/Operación	: 0.950/0.970
Rango de Velocidad	
En torque constante	: 2.71 - 9.04 [min^{-1}]

En potencia constante	: 9.04 - 9.76 [min^{-1}]
En velocidad Inching	: 1.00 [min^{-1}]
En velocidad Creeping	: 0.30 [min^{-1}]
Dirección de rotación	: Horario y anti horario
Grado de Protección	: IM5710/IP55
Método de refrigeración	: IC75W
Estator	: 4 partes
Rotor	: 88 polos, 22 segmentos

3.1.2 Circuito equivalente motor molino SAG 24MW.

Como ya sabemos el efecto de los polos salientes se puede descomponer la corriente inducida en dos componentes, una de ellas en cuadratura con la fem y la otra en fase con la misma, cada una de estas componentes de intensidad lleva aparejada una componente de caída de tensión en la reactancia síncrona.

Previo circuito describiremos dos de los componentes principales.

3.1.2.1 Estator.

El estator posee cuatro partes principales, de casi noventa grados cada una, en sus extremos laterales se encuentran adosadas las soleplates, que lo empotran a la fundación. Como característica más importante, se comenta que el estator posee conductos internos que lo hacen en gran porcentaje hueco. Estos conductos son diseñados

para conducir el aire de enfriamiento en las zonas de embobinados internos. Se recuerda que el proceso de generación de potencia, mediante motores gearless, genera una alta temperatura en los polos y los embobinados de cobre. El aire que disipa esta temperatura circula dentro del estator forzadamente, inducido por ventiladores ubicados en varios puntos perimetrales.



Figura 3.1. Instalación estator del molino SAG.

Fuente: Siemens

3.1.2.2 Rotor (Rueda Polar).

La rueda polar está formada por la máquina accionada “Molino”. En la pared frontal del molino (Mill-Head Flange) se atornillan los segmentos polares mediante las piezas de unión.

Los anillos de junta dispuestos a ambos lados de los segmentos

forman, junto con los cepillos alargados o la justa perfilada, el sistema de estanqueidad. El devanado polar está ejecutado a base de bobinas concéntricas.

El rotor se apoya a través de la máquina Motriz/máquina accionada.

Los cojinetes no forman parte del volumen de suministro.



Figura 3.2 Montaje en campo de uno de los polos del rotor.
Fuente: Siemens

La siguiente figura nos muestra el circuito equivalente por fase donde a continuación detallaremos cada uno de los componentes.

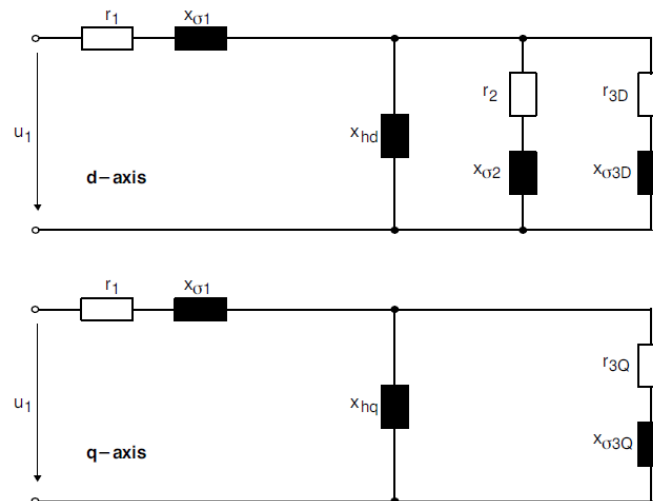


Figura 3.3. Diagrama Circuito Equivalente.
Fuente: Siemens

Dónde:

- r_1 = Resistencia del devanado del estator.
- r_2 = Resistencia del inductor.
- $X_{\sigma 1}$ = Reactancia del devanado del estator.
- $X_{\sigma 2}$ = Reactancia de dispersión de los inductores.
- X_{hd} = Reactancia del entre hierro en el eje d.
- X_{hq} = Reactancia del entre hierro en el eje q.
- r_{3D} = Resistencia amortiguadora eje d.
- r_{3Q} = Resistencia amortiguadora eje q.
- $X_{\sigma 3D}$ = Reactancia de fuga amortiguadora eje d.
- $X_{\sigma 3Q}$ = Reactancia de fuga amortiguadora eje q.

Según el circuito equivalente mostrado en la figura 3.3 y datos

obtenidos por el fabricante tenemos.

- Impedancia base 0.54Ω , a una temperatura de referencia 95°C .
- Relación de corto circuito $= IK_0/I_n = 1.46p.u.$

Dónde:

IK_0 = Corriente de excitación en vacío.

I_n = Corriente de excitación corto circuito (Corriente nominal).

- Pull-out torque $= M_K/M_N = 1.56p.u.$

DC Resistencia	12.80 ‰
AC Resistencia	13.30 ‰
r_1	13.30 ‰
r_2	4.6 ‰
r_{3D}	1.467 ‰
r_{3Q}	1.321 ‰

Tabla 3.1 Pérdidas por Resistencias en el Molino SAG
Fuente: Siemens

Reactancias	No saturada	Saturada
X_{hd}	0.64 p.u.	0.54 p.u.
X_{hq}	0.36 p.u.	0.31 p.u.

Tabla 3.2 Reactancias eje directo y cuadratura
Fuente: Siemens

Reactancias	No saturada
$X_{\sigma 1}$	0.14 p.u.
$X_{\sigma 2}$	0.12 p.u.
$X_{\sigma 3D}$	1.08 p.u.
$X_{\sigma 3Q}$	0.97 p.u.

Tabla 3.3 Reactancias de dispersión
Fuente: Siemens

3.1.3 Pérdidas en el motor del molino SAG.

Los niveles de potencia de los motores sin engranajes (Gearless Motor Drive, GMD) y su carga en la escala de los MW en la red eléctrica hacen de la alta eficiencia eléctrica una necesidad básica. Cuando se usa más cobre para fabricar las bobinas del estator y del rotor, mejora la conductividad, baja la resistencia y se reduce las pérdidas eléctricas. Esto es importante, ya que normalmente un 80% de las pérdidas en estos motores se asocian al cobre.

El fabricante del equipo, en base a las pruebas realizadas en planta nos indica el diagrama de distribución de pérdidas para nuestro motor que le presentamos en la figura 3.4 ilustrada.

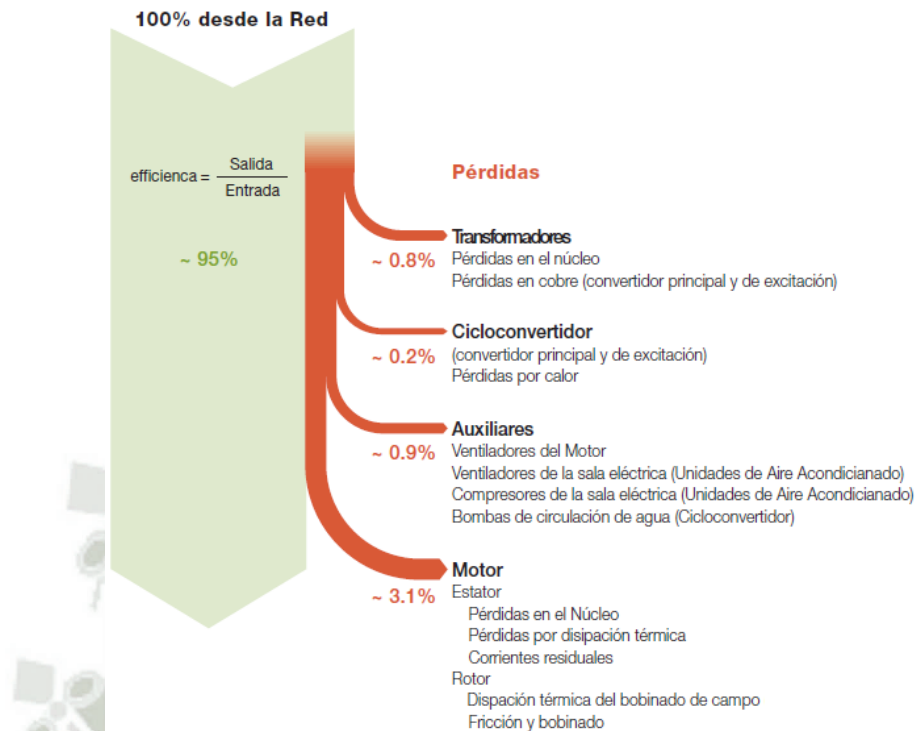


Figura 3.4 Perdidas en el motor sin engranajes del molino SAG

Fuente: ABB

A continuación mostramos en las tablas las pérdidas en diferentes valores del torque nominal.

Previamente describimos las definiciones de cada una de las pérdidas y valores adicionales.

P_n (Potencia Nominal)	=	24000 KW
U_{N1} (Voltaje Nominal)	=	3700 V
I_{N1} (Corriente Nominal por fase)	=	1964 A
N_N (RPM Nominal)	=	9.040 min^{-1}
N_{MAX} (RPM Máxima)	=	9.763 min^{-1}
M_N (Par Nominal)	=	25352.1 KNm
M_A (Par Máximo)	=	39295.8 KNm

Condición de carga	M_n		
	$1.00 \times N_n$	$0.75 \times N_n$	$0.50 \times N_n$
Tipo de Servicio	S1	S1	S1
COSØ	-0.970	-0.970	-0.971
P	24000	18000	12000
V_{Fe}	76	55	35
V_Z	14	9	5
V_{Wg1}	322	322	322
V_{W2}	403	403	402
V_{ges}	815	789	764
V_{Wauf}	24412	18385	12361
P_S	25167	18951	12736
U₁	3700	2786	1872
I₁	3927	3927	3928

Tabla 3.4 Perdidas en el motor síncrono de polos salientes rotor tipo anillo con un torque nominal del 100%
Fuente: Siemens

Condición de carga	$0.750 \times M_n$		
	$1.00 \times N_n$	$0.75 \times N_n$	$0.50 \times N_n$
Tipo de Servicio	S1	S1	S1
COSØ	-0.978	-0.978	-0.978
P	18000	13500	9000
V_{Fe}	74	53	34
V_Z	8	5	3
V_{Wg1}	181	181	181
V_{W2}	369	369	368
V_{ges}	632	608	586
V_{Wauf}	18263	13739	9218
P_S	18679	14050	9423
U₁	3659	2753	1846
I₁	2947	2947	2947

Tabla 3.5 Perdidas en el motor síncrono de polos salientes rotor tipo anillo con un torque nominal del 75%
Fuente: Siemens

Condición de carga	0.500 x M_n		
	1.00 x N_n	0.75 x N_n	1.00 x N_n
Tipo de Servicio	S1	S1	S1
COSØ	-0.984	-0.984	-0.985
P	12000	9000	6000
V_{Fe}	73	52	33
V_Z	3	2	1
V_{Wg1}	81	81	81
V_{W2}	349	348	347
V_{ges}	506	483	462
V_{Wauf}	12157	9135	6115
P_S	12350	9279	6210
U₁	3622	2721	1822
I₁	1968	1969	1968

Tabla 3.6 Perdidas en el motor síncrono de polos salientes rotor tipo anillo con un torque nominal del 50%

Fuente: Siemens

Condición de carga	RPM máx. $N_{MAX}=1.08xN_N$	Factor de Servicio $1.00xM_N; 1.00xN_N$	Torque de Arranque $1.55xN_N$		
			$0.10xN_N$	$0.50xN_N$	$1.00xN_N$
Tipo de Servicio	S1	S1	S2 60s	S2 60s	S2 60s
COSØ	-0.967	-0.970	-0.963	-0.952	-0.950
P	24000	24000	3720	18600	37200
V_{Fe}	71	76	9	37	81
V_Z	16	14	1	12	33
V_{Wg1}	322	322	765	772	772
V_{W2}	331	403	529	531	531
V_{ges}	740	815	1304	1352	1417
V_{Wauf}	24408	24412	4495	19421	38087
P_S	25234	25167	4650	20406	40092
U₁	3711	3700	443	1936	3804
I₁	3926	3927	6056	6085	6086

Tabla 3.7 Perdidas en el motor síncrono de polos salientes rotor tipo anillo en distintos tipos de funcionamiento.

Fuente: Siemens

Dónde:

P [KW] : Potencia de entrada eléctrica.

V_{Fe} [KW] : Pérdidas en el núcleo del estator.

V_Z [KW] : Pérdidas por dispersión.

V_{Wg1} [KW] : Pérdidas en óhmica en el rotor.

V_{W2} [KW] : Pérdidas por resistencia aerodinámica ventilación.

V_{ges} [KW] : Pérdidas totales.

V_{Wauf} [KW] : Potencia eléctrica de carga.

P_S [KW] : Potencia aparente.

U_1 [V] : Voltaje nominal.

I_1 [A] : Corriente nominal.

S1 : Servicio continuo.

S2 : Servicio temporal.

3.2 Descripción del Accionamiento del Motor Síncrono de Polos Salientes Rotor tipo Anillo Molino SAG.

Para la puesta en marcha de un motor deben ser tenidos en cuenta factores generales. Los más obvios de ellos son la corriente, la tensión y la frecuencia nominales del motor y de los circuitos de control. Los motores necesitan protección de acuerdo con el tipo de servicio, tipo de motor y funciones de control que requieren.

Existe un método capaz de accionar un molino denominado gearless o motor de anillos, su nombre se debe a que elimina toda componente

mecánica en el sistema de accionamiento de los molinos convencionales, como la corona dentada, piñones, caja de engranajes, acoplamientos, eje de motores, descansos, entre otros.

El accionamiento gearless consiste en un motor sincrónico diseñado para operar a bajas velocidades variables controlado mediante una fuente de cicloconvertidores (CCV). El rotor del motor es a la vez el molino, es decir los polos del rotor son acoplados mecánicamente alrededor de la estructura cilíndrica del molino (Figura 3.5). La superestructura del estator es montado en el piso rodeando el rotor. De esta manera, toda la potencia del accionamiento del molino es transmitida magnéticamente al molino y no mediante las conexiones mecánicas convencionales.



**Figura 3.5 Vista general Molino SAG.
Fuente Siemens**

Actualmente este método es utilizado para mover molinos SAG, semiautógenos, con una potencia nominal en el rango de los 15-30 [MW], este sistema a pesar de ser un sistema altamente eficiente, tiene la desventaja de ser muy costoso por el grado de sofisticación de su sistema de control y protección.

A continuación mostramos el diagrama en el cual podemos ver la secuencia de accionamiento del motor del molino SAG.

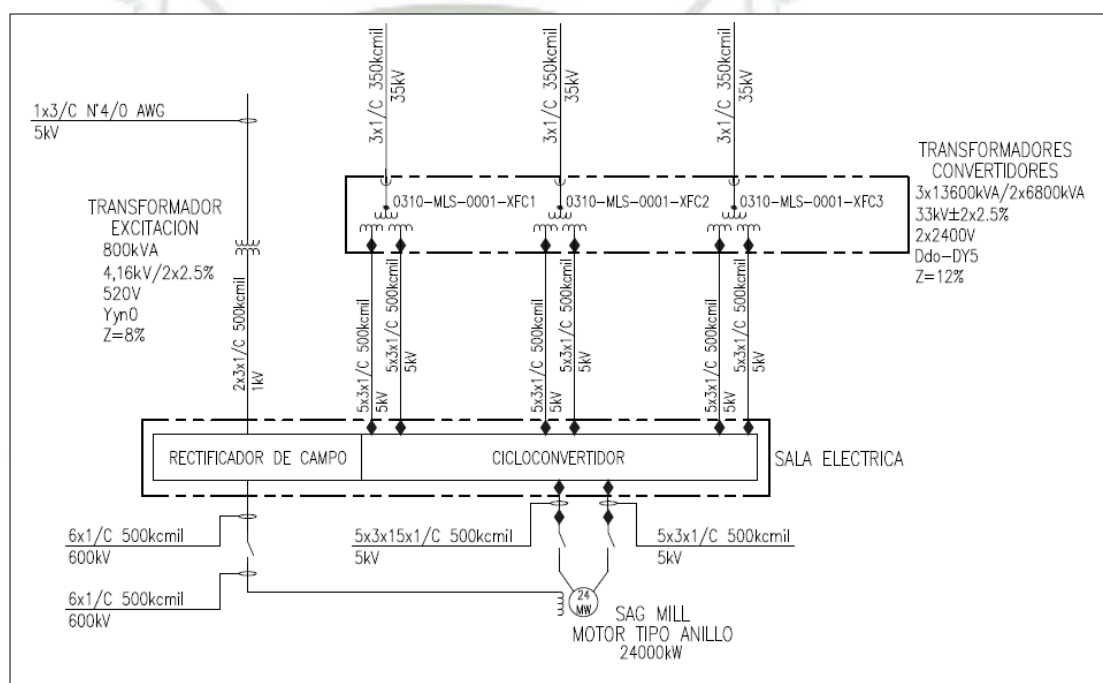


Figura 3.6 Diagrama Unilineal Accionamiento GMD

Fuente: Bechtel Chile Ltda.

Desde la sub estación principal alimentada por la línea de transmisión de 33 KV Machupicchu – Quencoro – Onocora –Tintaya y ampliación, lleva energía que llega a tres transformadores convertidores de voltaje, que ya una vez transformada la energía llega al E-HOUSE donde se ubican los

cicloconvertidores o convertidores directos que es un dispositivo entre la red eléctrica y la carga que transforma la energía eléctrica y que sea capaz de variar su frecuencia según sea necesario.

Paralelamente llega otra fuente de energía hacia el transformador de excitación que a su vez conduce la energía transformada hacia el E-HOUSE donde se ubica el rectificador de campo que la función de este es suministrar corriente continua uniforme al rotor.

Como una acotación E-HOUSE una sala eléctrica donde se instalan los tableros de potencia, protección control y comunicaciones protegidos de la intemperie.

3.2.1 Accionamiento eléctrico motor molino SAG mediante cicloconvertidor.

En muchas aplicaciones se necesita disponer de potencia eléctrica de frecuencia, fija o variable, pero de distinta característica que se suministrada por la red de la cual se dispone. Por lo tanto, debemos colocar un dispositivo entre la red eléctrica y la carga que transforme la energía eléctrica y que sea capaz de variar su frecuencia según sea necesario. Para dicho fin, se utiliza a los convertidores directos o los cicloconvertidores los cuales transforman la corriente alterna de entrada en corriente alterna de salida de distinta frecuencia. Estos sistema serán capaces de proporciona una corriente alterna mono o polifásica de amplitud y frecuencia regulables, a partir de la red fija en voltaje y frecuencia.

En la figura 3.7 podemos observar que la máquina síncrona tiene dos devanados trifásicos, cada uno de los cuales es alimentado por un cicloconvertidor de 12 pulsos. Una configuración de 12 pulsos se obtiene en el lado primario del transformador, mediante el uso del lado secundario de este en conexión triángulo estrella. La corriente de campo se proporciona al rotor por un rectificado controlado de 6 pulsos.

A continuación mostramos la configuración del accionamiento eléctrico motor del molino SAG.

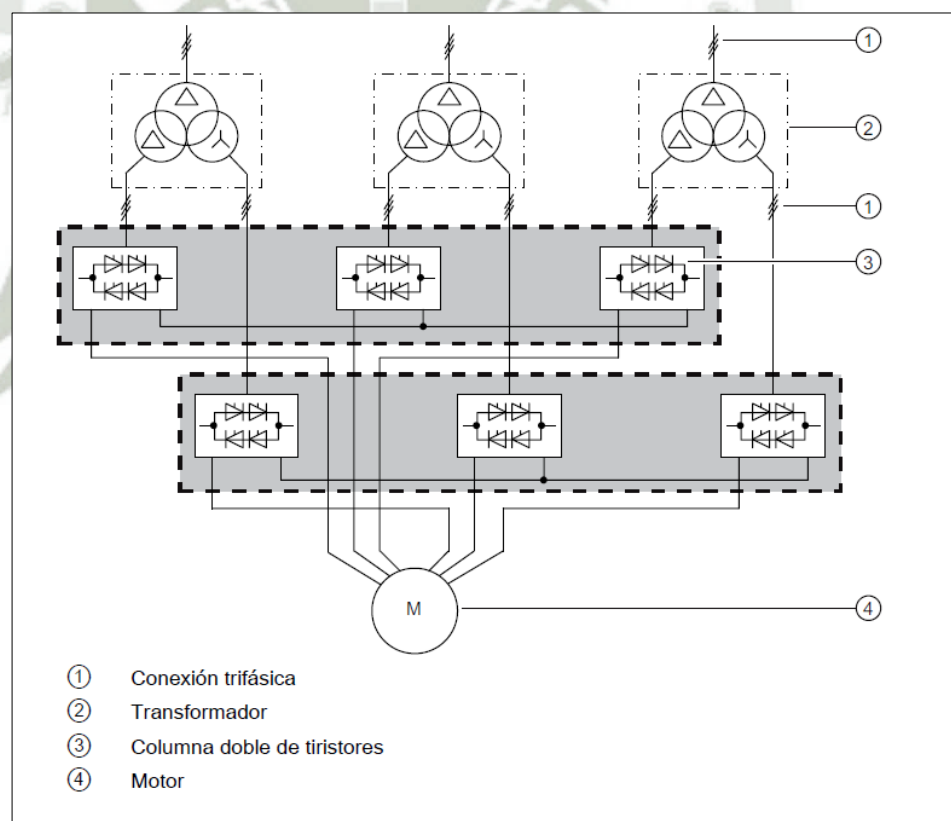


Figura 3.7 Esquema general de la conexión en estrella, variante de conexión de 12 pulsos.

Fuente: Siemens

3.2.2 Función voltaje de sincronismo

El voltaje de sincronismo es obtenido a través de transformadores de potencia en el alimentador de 33 KV y en el transformador de excitación, esta muestra sirve como referencia para realizar el control de fase y la protección de bajo voltaje. La figura 3.8 muestra la tensión de la red de 60 HZ, la corriente de una de las fases del estator, la señal de referencia o control y el voltaje de una de las fases del motor.

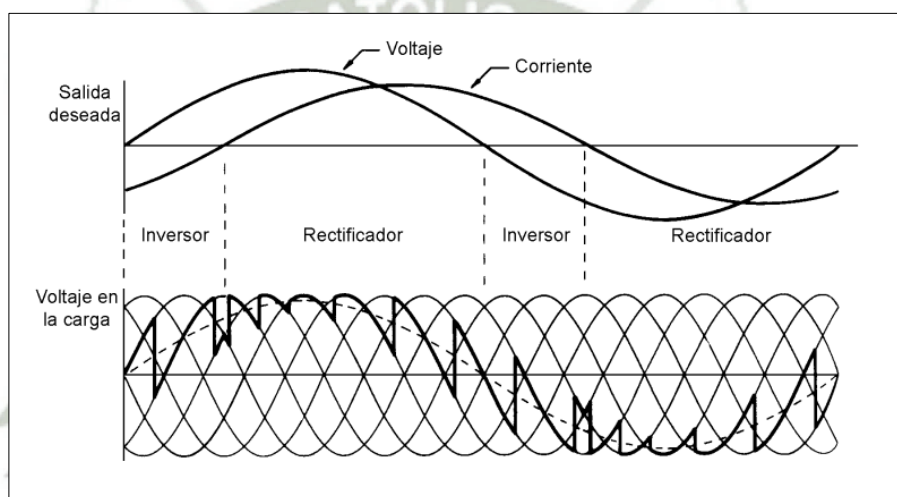


Figura 3.8 Voltaje y corriente de una de las fases del motor a baja frecuencia.

Fuente: Siemens

Este convertidor de frecuencia tiene varias características peculiares, siendo la primera de ellas que es el único, en el cual hay una conversión energética directa de la potencia alterna (Convertidor AC - AC), en potencia alterna de diferente frecuencia. Debido a esto se llama convertidor directo.

La topología habitual de un cicloconvertidor, está basada en tres

puentes de Graetz dobles en oposición o antiparalelo para funcionar en los cuatro cuadrantes. Es decir, el voltaje y la corriente de salida pueden asumir ambas polaridades independientes una de la otra, de modo que permite la operación con corriente reactiva pura e inversión del sentido de flujo. Además no requiere semiconductores de alta velocidad de conmutación por lo que está constituido siempre por tiristores.

El cicloconvertidor tiene la capacidad de proporcionar una tensión y frecuencia de salida regulables con una tensión y frecuencia de entradas fijas. Por lo tanto, su campo de aplicación es en los accionamientos de alta y baja velocidad.

El cicloconvertidor tiene una limitación con respecto a su frecuencia de salida, rango que se ve limitado debido a la producción de armónicos en la tensión de salida y corriente de entrada, limitación que puede superarse aumentando el número de pulsos del cicloconvertidor y así acercar la corriente de salida a una forma sinusoidal. Debido a esto, para la red de 60 Hz la máxima frecuencia de salida de un cicloconvertidor es aproximadamente 20 Hz. Este hecho no constituye problema alguno, debido a la necesidad en el SAG en el cual se requiere una baja velocidad de procesamiento (9.04 RPM nominal), lo que significa entregar una baja frecuencia comparada con la de la red. En caso del molino SAG la frecuencia de ajuste para velocidad nominal es de 6.629 Hz.

El cicloconvertidor se encuentra conectado a la red por un transformador convertidor de enrollados independientes, es decir, por cada enrollado primario se tienen dos enrollados secundarios en conexión estrella y delta lo cual produce un desfase mutuo de 30° eléctricos.

Con este transformador se logra una separación galvánica y el filtraje de armónicos ya que, el desfase de 30° eléctricos de los devanados secundarios genera una corriente de entrada al sistema donde solo aparecen armónicos característicos de los sistema de 12 pulsos producto de la superposición de corriente de cada secundario.

3.2.3 Descripción del rectificador controlado de excitación.

El accionamiento del motor anillo controla el flujo resultante mediante el control de corriente de excitación. Para lo cual se utiliza un conversor AC – DC de seis pulsos compuesto por tiristores.

La función de este rectificador es suministrar corriente continua uniforme al motor. La alimentación de potencia alterna es a través de un transformador trifásico estrella – estrella, el que efectúa la aislación galvánica.

Los tiristores del rectificador son refrigerados por aire y aptos para aplicaciones de altas corrientes de conducción y bajo voltaje de bloqueo.

El rectificador es capaz de operar en dos cuadrantes, en el primer cuadrante la operación es normal con corriente y voltaje positivo, o sea,

la potencia está entrando al lado DC. En el segundo cuadrante la polaridad de la tensión se invierte pero no la dirección de la corriente de modo que se regenera la potencia almacenada en la bobina del lado DC.

Paralelo al rectificador existe un conjunto de resistencias las que se denominan resistencias de carga básica que permiten una rápida partida del rectificador de excitación con bajo nivel de corriente y amortiguación de los peak de voltaje.

De este modo las resistencias de carga básica establecen una corriente mínima de 2A en un tiempo muy corto (antes de 18° eléctricos) antes que desaparezcan los pulsos de disparo de lo contrario los tiristores se apagarán puesto que la gran inductancia del bobinado de excitación se opone a los cambios y además su constante de tiempo es muy grande.

Al existir conexión o desconexión de la inductancia de la máquina, esta se descarga mediante la resistencia de fierro fundido. La conexión automática de esta resistencia es hecha a través de dos tiristores conectados en antiparalelo conectados en serie con ella.

Los pulsos de los tiristores del puente se desplazan a la zona de inversión después que se ha conectado la resistencia disipadora de manera de prevenir las inversiones del sentido de la corriente.

En el disparo de cada uno de los tiristores se debe tener la precaución de disparar los tiristores en el rango en que estos pueden ser

encendidos, cuando la tensión de ánodo es superior al que deja de conducir, para que se pague el otro al detectar una tensión inversa entre ánodo y cátodo. Para esto se impone un ángulo mínimo de disparo el que asegura la conducción del tiristor disparado, el ángulo máximo tiene la misma función solo que es más crítico ya que debido al ángulo de conmutación, que en esta zona se extiende, no alcance a conducir el tiristor disparado.

Las formas de onda para un determinado ángulo de disparo no cambian y solo se desplazan hacia la derecha en la medida en que aumenta el ángulo.

3.2.3.1 Componentes de excitación.

A continuación la figura 3.9 muestra en forma simplificada los componentes de la excitación.

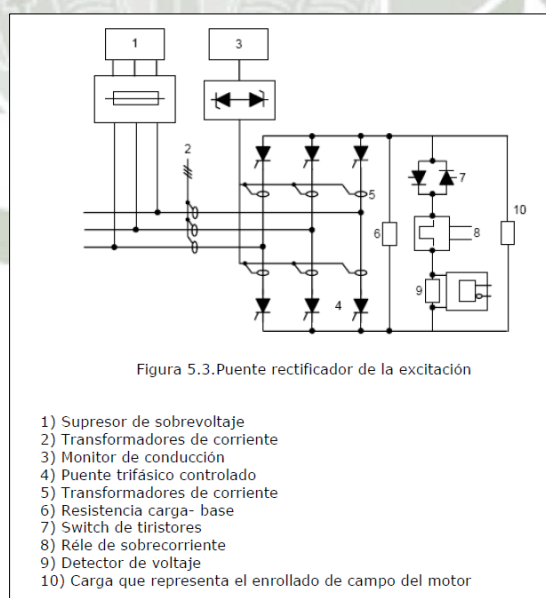


Figura 3.9 Puente rectificador de excitación.

Fuente: Siemens

3.2.3.2 Método de control por campo orientado.

Un motor de inducción implica múltiples variables no lineales, así como características muy acopladas. La técnica de control vectorial, que también se llama control de campo orientado (FOC, de field - oriented control), y permite controlar un motor síncrono de polos salientes rotor tipo anillo, con alto rendimiento dinámico, comparable a la característica de un motor cd. La técnica FOC desacopla los dos componentes de la corriente del estator: uno que proporciona el flujo en el entrehierro y el otro que produce el par. Proporciona un control independiente del flujo y del par, y se linealiza la característica de control. Las corrientes en el estator se convierten en un marco de referencia ficticio, girando en forma sincrónica y alineada con el vector flujo, y se vuelven a transformar en el marco del estator, antes de retroalimentarlas a la máquina.

3.3 Sistema de protección y medida.

Antes de comenzar la descripción del sistema de protección mostraremos el plano referido a esta sección (ver anexo 2).

3.3.1 Protección diferencial.

Una falla de fase en el devanado del estator del motor del molino es siempre considerada como seria debido a las altas corrientes encontradas y el daño potencial a los devanados de la máquina, así como a las flechas y el acoplamiento. Los largos tiempos de reparación para máquinas severamente dañadas pueden ser muy costosos. Por lo

tanto, es muy importante minimizar el daño debido a fallas en el estator utilizando relevadores diferenciales.

3.3.2 Principio de funcionamiento.

La Protección diferencial se basa en una comparación de intensidades. En ella se aprovecha el hecho de que un objeto a proteger (Figura 3.10) en situación de funcionamiento sin interferencias conduce siempre en ambos extremos la misma intensidad i (en trazo discontinuo). Esta intensidad circula en un lado hacia la zona que se toma en consideración y la abandona en el otro lado. Una diferencia de intensidad es señal inequívoca de un fallo dentro del objeto a proteger. Si la relación de transformación es la misma, los arrollamientos secundarios de los transformadores de intensidad T1 y T2, situados en los lados del objeto a proteger podrían estar interconectados formando un circuito cerrado con la intensidad secundaria I , y un elemento de medida M conectado en el enlace transversal permanecería sin corriente si el funcionamiento está libre de interferencias.

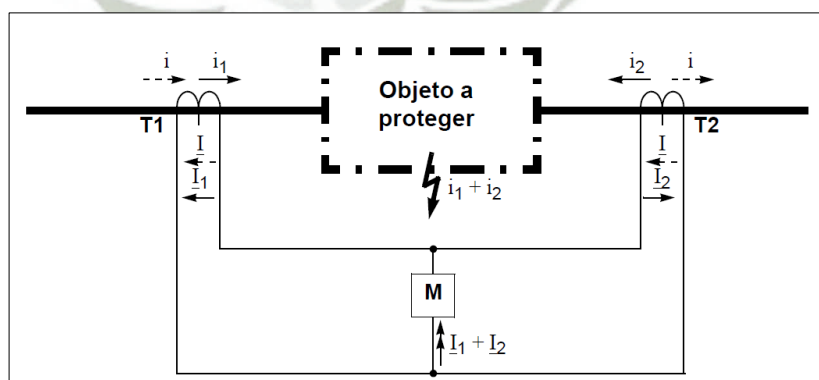


Figura 3.10 Principio básico de la protección diferencial para dos extremos

Fuente: Siemens

Cuando se produce un fallo en la zona limitada por los transformadores, el elemento de medida recibe la alimentación de una corriente $i_1 + i_2$ proporcional a la suma $\underline{I_1} + \underline{I_2}$ de las corrientes de falla que fluyen desde ambos lados. La disposición sencilla según la figura 3.10 provoca una respuesta fiable de la protección en caso de un fallo en la zona protegida, en la que fluya una corriente de falta suficiente para la respuesta del elemento de medida **M**.

3.3.3 Estabilización de la corriente.

Cuando en el caso de fallos exteriores de gran intensidad a través de la zona protegida, y en el caso de diferentes comportamientos de transmisión en la zona de saturación de los transformadores de medida **T1** y **T2** (Figura 3.10) aparece en el elemento de medida **M** la correspondiente corriente diferencial que podría ser causa de un disparo. Un comportamiento erróneo de la protección de este tipo se impide mediante la estabilización.

En los equipos de protección diferencial se emplea para la estabilización protección diferencial de objetos a proteger con dos lados, o bien la diferencia de intensidades $|\underline{I_1} + \underline{I_2}|$ o también la suma de las magnitudes $|\underline{I_1}| + |\underline{I_2}|$. En la zona interesada de las curvas características de estabilización caben ambos métodos. En el caso de objetos protegidos que tengan más de dos extremos, o sea, por ejemplo, transformadores de arrollamientos múltiples, barras colectoras, solamente puede aplicarse el método con la suma de

magnitudes. A efectos de uniformidad hemos aplicado este método también en el relé multifunción. Se define por lo tanto:

Una corriente de disparo o diferencial

$$I_{dif} = |\underline{I}_1 + \underline{I}_2|$$

Así como una corriente de estabilización

$$I_{estab} = |\underline{I}_1| + |\underline{I}_2|$$

I_{dif} se calcula a partir de la oscilación básica de las corrientes, y actúa en el sentido de disparo, mientras que I_{estab} se opone a esto.

Para mayor claridad del efecto se considerarán tres estados de funcionamiento importantes con magnitudes de medidas ideales y adaptadas (Figura 3.11).

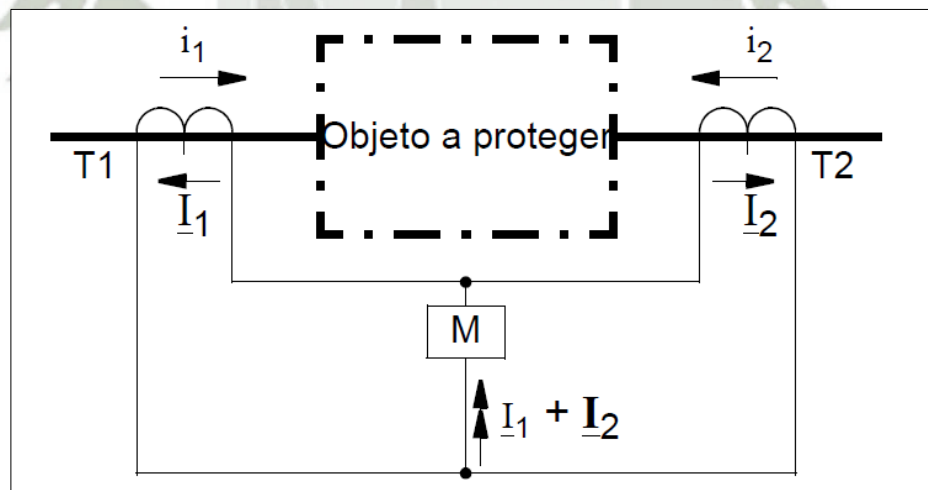


Figura 3.11 Definiciones de las corrientes.

Fuente: Siemens

- a) Corriente de paso durante el funcionamiento sin fallo o con fallo situado en el exterior:

$\underline{I_2}$ Invierte su sentido, es decir que cambia el signo, es decir

$$\underline{I_2} = -\underline{I_1}; \text{ además es } |\underline{I_2}| = |\underline{I_1}|$$

$$I_{dif} = |\underline{I_1} + \underline{I_2}| = |\underline{I_1} - \underline{I_1}| = 0$$

$$I_{estab} = |\underline{I_1}| + |\underline{I_2}| = |\underline{I_1}| + |\underline{I_1}| = 2 \cdot |\underline{I_1}|$$

No hay magnitudes de disparo ($I_{dif} = 0$); la estabilización (I_{estab}) corresponde al doble de la corriente que pasa.

- b) Cortocircuito interno, alimentación desde ambos lados, por ejemplo con intensidades de igual magnitud:

Entonces se obtienen es $\underline{I_2} = \underline{I_1}$; además es $|\underline{I_2}| = |\underline{I_1}|$

$$I_{dif} = |\underline{I_1} + \underline{I_2}| = |\underline{I_1} + \underline{I_1}| = 2 \cdot |\underline{I_1}|$$

$$I_{estab} = |\underline{I_1}| + |\underline{I_2}| = |\underline{I_1}| + |\underline{I_1}| = 2 \cdot |\underline{I_1}|$$

La magnitud de disparo (I_{dif}) y la magnitud de estabilización (I_{estab}) son iguales, y corresponden a la totalidad de la corriente de cortocircuito.

- c) Cortocircuito interno, alimentación sólo desde un lado:

Se tiene entonces $I_2 = 0$

$$I_{dif} = |\underline{I_1} + \underline{I_2}| = |\underline{I_1} + 0| = |\underline{I_1}|$$

$$I_{estab} = |\underline{I_1}| + |\underline{I_2}| = |\underline{I_1}| + 0 = |\underline{I_1}|$$

La magnitud de disparo (I_{dif}) y la magnitud de estabilización (I_{estab})

son iguales, y corresponde a la corriente de cortocircuito unilateral.

En el caso de fallos internos es por lo tanto $I_{dif} + I_{estab}$. Por lo tanto, el lugar geométrico para fallos interno está caracterizado en el diagrama de disparo por una recta con una pendiente de 45° (en la figura 3.12, la línea de trazo y puntos).

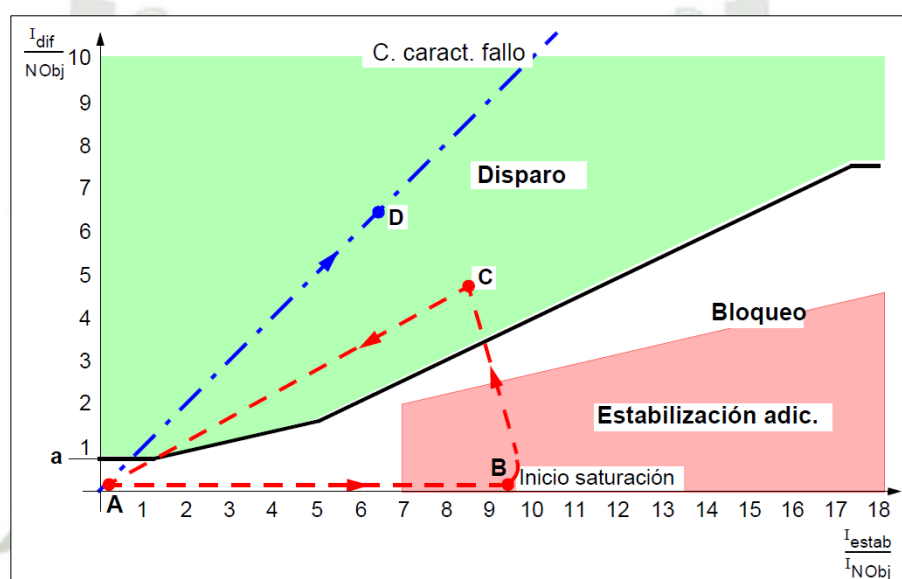


Figura 3.12 Curva característica de disparo de la protección diferencial con curva característica de fallos.
Fuente: Siemens

3.3.4 Estabilización adicional en el caso de fallos situados en el exterior.

En el caso de cortocircuitos internos (dentro de la zona protegida), la saturación de los transformadores de intensidad en el caso de corrientes elevadas de cortocircuito y/o constantes de tiempo de red largas, prácticamente no juegan ningún papel ya que el falseamiento del valor de medida entra del mismo modo en la corriente diferencial

como en la corriente de estabilización. La curva característica de fallos de la figura 3.12 en principio también es válida en este caso. Naturalmente es preciso que la corriente secundaria del transformador de intensidad saturado rebase como mínimo el umbral de respuesta a en la figura 3.12.

En el caso de un fallo exterior, que provoca una corriente de cortocircuito pasante elevada, la saturación de los transformadores de intensidad, si está pronunciada con diferente intensidad en los puntos de medición, puede falsear una corriente diferencial considerable, que si está situada en el punto de trabajo I_{dif}/I_{estb} en la zona de disparo de la curva característica (figura 3.12) daría lugar a un disparo en falso si no se toman medidas especiales.

El relé multifunción dispone de un indicador de saturación que reconoce estos estados e inicia las correspondientes medidas de estabilización. El indicador de saturación evalúa el comportamiento dinámico de la corriente diferencial y de la corriente de estabilización.

La línea de trazos en la figura 3.12 muestra la variación instantánea de las condiciones de corriente en caso de fallos exteriores con saturación unilateral de los transformadores de medida.

Inmediatamente después de producirse el fallo (A) las corrientes de cortocircuito aumentan primero considerablemente, y provocan una corriente de estabilización debidamente alta (2 veces la corriente que pasa). Si se produce ahora la saturación unilateral (B), ésta da lugar a

una corriente diferencial que debilita la corriente de estabilización, de manera que el punto de trabajo I_{dif}/I_{estb} puede desplazarse hasta dentro de la zona de disparo (C).

En cambio en el caso de un cortocircuito interno, el punto de trabajo se desplaza inmediatamente a lo largo de la curva característica del fallo (D), ya que la corriente de estabilización apenas llega a ser mayor que la corriente diferencial.

La saturación del transformador de intensidad en caso de fallo exterior se caracteriza por lo tanto porque primeramente pasa una corriente de estabilización momentánea intensa. El indicador de saturación toma su decisión durante el primer cuarto de período. Si se ha detectado de esta manera un fallo exterior, se bloquea la Protección diferencial durante un tiempo que se puede ajustar. Este bloqueo se anula en cuanto se reconoce que el punto de trabajo I_{dif}/I_{estb} está en una situación estable (es decir a lo largo de por lo menos un período) dentro de la zona de disparo, cerca de la curva característica del fallo. De esta manera se reconocen rápidamente los fallos subsiguientes en la zona que se trata de proteger, incluso después de haberse producido previamente un cortocircuito exterior con saturación del transformador de intensidad.

3.3.5 Estabilización con armónicos.

Especialmente en el caso de transformadores e impedancias transversales pueden producirse corrientes de magnetización elevadas

de corta duración al conectar (Corrientes de irrupción), que entran en la zona protegida pero no vuelven a salir de ella. Actúan por lo tanto como corrientes de fallo que entran de un solo lado. También al conectar en paralelo transformadores o al sobreexcitar un transformador debido a una tensión superior o una frecuencia inferior se pueden producir corrientes diferenciales indeseables.

La irrupción de conexión puede alcanzar un múltiplo de la corriente nominal, y se caracteriza por un contenido relativamente alto del segundo armónico (doble de la frecuencia de la red), que en cambio, en el caso de un cortocircuito está casi totalmente ausente. Si el contenido del segundo armónico en la corriente diferencial rebasa por lo tanto un umbral ajustable, se impide el disparo.

Además del segundo armónico se puede recurrir en el relé multifunción a otro armónico para la estabilización (ajustable). Puede elegirse entre el tercero y el quinto armónico.

La sobreexcitación estacionaria se caracteriza por armónicos de número impar. En este caso es adecuado para la estabilización el tercero o el quinto armónico. Puesto que en los transformadores se elimina con frecuencia el tercero, en el transformador (por ejemplo en un arrollamiento en triángulo) se utiliza en este caso generalmente el quinto.

También en el caso de transformadores-rectificadores, los armónicos de número impar juegan un papel que no existe en el caso de

cortocircuito interno.

Las corrientes diferenciales se analizan en cuanto a su contenido de armónicos. Para análisis de la frecuencia se emplean filtros digitales que llevan a cabo un análisis de Fourier de las corrientes diferenciales. En cuanto la proporción de armónicos llega a ser superior a los límites ajustables, se procede a la estabilización de la evaluación de conductor afectada. Los algoritmos de filtrado están optimizados en cuanto a su comportamiento de estabilización de tal manera que en los procesos dinámicos sobran las medidas adicionales de estabilización.

Dado que la estabilización de conexión trabaja de forma individual para cada fase, la protección tiene también un efecto óptimo si un transformador se conecta sobre un fallo monofásico, con lo cual posiblemente pase por otro conductor sano una corriente de sobrevoltaje de conexión. Es, sin embargo, posible ajustar la protección de tal forma que cuando se excede el contenido de armónicos permisible en una fase, no sólo ésta sino también las otras fases quedan bloqueadas. Esta función denominada de "Bloqueo mutuo" se puede limitar para una duración determinada.

3.3.6 Disparo rápido en el caso de fallos de gran intensidad de corriente.

Los fallos internos de gran intensidad de corriente en la zona protegida se pueden desconectar inmediatamente sin tener en cuenta las corrientes de estabilización, siempre que debido a la magnitud de la

corriente quede claro que no se puede tratar de un fallo exterior. En el caso de objetos protegidos que tengan una impedancia longitudinal propia elevada (transformador, generador, impedancia longitudinal), se puede encontrar un valor de corriente que nunca será rebasado por una corriente de cortocircuito que pase.

La protección diferencial del relé multifunción dispone de un nivel de disparo rápido no estabilizado. Éste actúa también cuando, por ejemplo, debido a la saturación del transformador de intensidad y debido a un elemento de corriente continua y a la corriente de cortocircuito aparece un segundo armónico que la estabilización de conexión podría interpretar como corriente de irrupción.

El disparo rápido trabaja no sólo con la oscilación básica de la corriente diferencial sino también con valores instantáneos. El tratamiento de los valores instantáneos garantiza un disparo rápido incluso cuando debido a la saturación del transformador de intensidad, la oscilación básica quedase fuertemente amortiguada. Debido a un posible desplazamiento de la corriente al producirse un cortocircuito, el tratamiento del valor instantáneo trabaja a partir del doble del valor de ajuste.

3.3.7 El aumento del valor de respuesta durante el arranque.

El aumento del valor de respuesta resulta especialmente útil en el caso de motores. A diferencia de lo que sucede en los transformadores, la corriente de conexión de los motores es una corriente que pasa. Pero

se pueden producir corrientes diferenciales por el hecho de que los transformadores de intensidad tengan una magnetización residual diferente antes de efectuarse la conexión, y por lo tanto queden sometidos a la corriente desde distintos puntos de trabajo de su histéresis. Si bien estas corrientes diferenciales son reducidas, pueden no obstante resultar nocivas si la protección diferencial está ajustada con gran sensibilidad.

Como protección adicional contra un sobre funcionamiento al conectar un objeto a proteger que anteriormente estaba sin corriente, se puede hacer uso del aumento del valor de respuesta durante el arranque. Si la corriente de estabilización de una fase no ha alcanzado un valor ajustable STAB. ARRANQUE, se activa el aumento del valor de respuesta. La corriente de estabilización es durante el régimen normal, doble que la corriente que pasa, y por lo tanto, de no alcanzarse esto constituye un criterio para el objeto a proteger desconectado. El valor de respuesta $I-DIF>$ y las demás ramas del nivel $I_{dif} >$, se aumentan ahora en un factor ajustable (véase la figura 3.13).

El retorno de la corriente de estabilización caracteriza el arranque. Después de un tiempo ajustable **T.máx.ARRANQUE**, se anula el aumento de la línea característica.

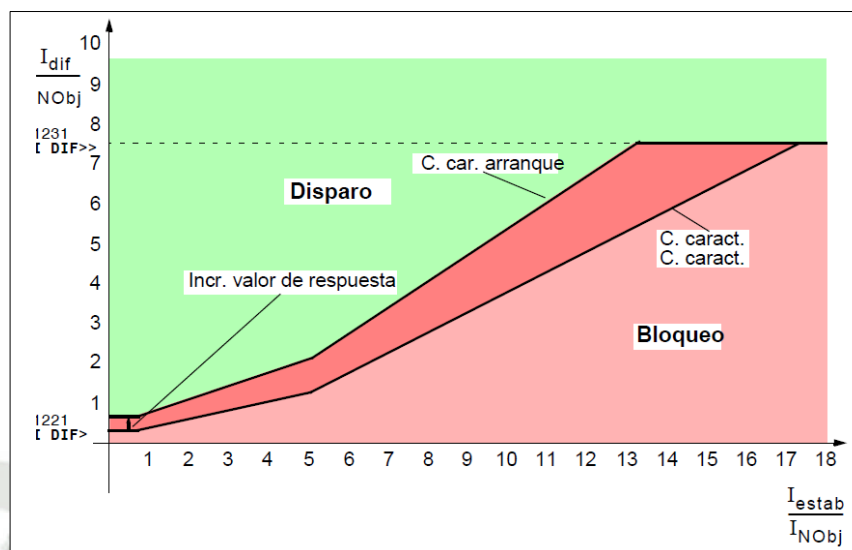


Figura 3.13 Aumento del valor de respuesta del nivel durante el arranque.

Fuente: Siemens

3.3.8 Curva característica de disparo.

La figura 3.14 muestra la totalidad de la curva característica de disparo del relé multifunción (7UT612).

La rama a de la curva característica representa el umbral de sensibilidad de la Protección diferencial (valor de ajuste I-DIF>) y tiene en cuenta corrientes de fallo constantes, como son por ejemplo las corrientes de magnetización.

La rama b tiene en cuenta los fallos proporcionales a la corriente que surgen debido a errores en la relación de transmisión de los transformadores de intensidad y del transformador de medida de entrada del equipo, o por ejemplo por desviaciones en la adaptación y por interruptores escalonados en el caso de transformadores con regulación de la tensión.

En la zona de las intensidades superiores, que pueden provocar la saturación de los transformadores de medida, es la rama c de la curva característica la que se encarga de conseguir una estabilización más fuerte.

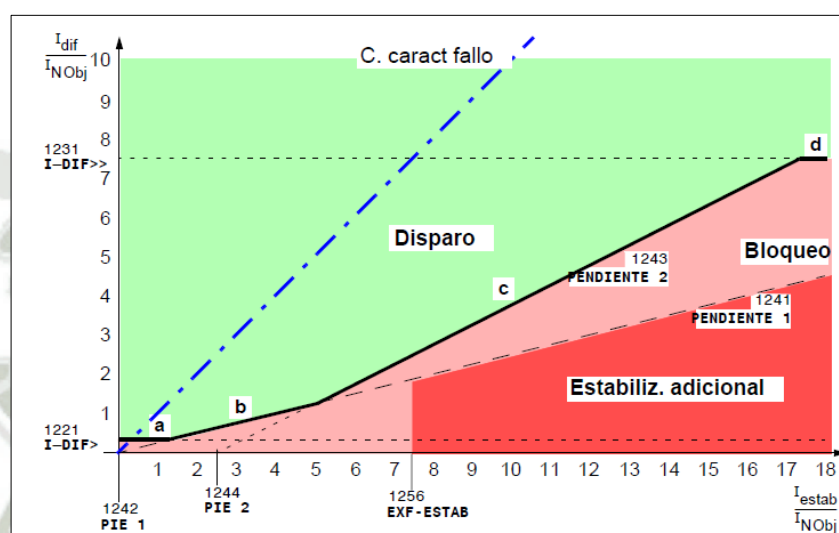


Figura 3.14 Curva característica de disparo de la protección diferencial
Fuente: Siemens

En el caso de corrientes diferenciales situadas por encima de la rama **d**, el disparo se produce con independencia de la corriente de estabilización y de la estabilización armónica (valor de ajuste $I-DIF>>$). Se trata por lo tanto de la zona de Disparo rápido en el caso de fallos de gran intensidad de corriente“.

La zona de estabilización adicional está determinada por el indicador de saturación (véase más arriba bajo el subtítulo Estabilización adicional en el caso de fallos situados en el exterior“).

Las magnitudes I_{dif} e I_{estab} las clasifica la protección diferencial en la

curva característica de disparo de acuerdo con la figura 3.14 Si estas magnitudes dan lugar a un punto situado dentro de la zona de disparo, se produce el disparo.

3.3.9 Excitación, recuperación.

Una protección diferencial normalmente no necesita "Excitación" ya que la identificación del fallo y la condición de disparo son idénticas. Pero igual que todos los equipos SIPROTEC®, también el 7UT612 dispone de una excitación que representa un momento inicial para una serie de actividades subsiguientes. La excitación determina el comienzo de un caso de fallo. Esto es necesario, por ejemplo para poder establecer protocolos de caso de fallo y anotaciones de valores de fallo. Pero también las funciones internas necesitan conocer el momento lo más exacto posible del inicio del fallo, también en el caso de un fallo situado fuera de la zona protegida, por ejemplo el indicador de saturación, que precisamente debe cumplir su cometido en el caso de una corriente de cortocircuito que pase.

La excitación se reconoce en cuanto la oscilación básica de la corriente diferencial alcance el 70 % del valor de respuesta, o la corriente de estabilización penetre más del 70 % dentro de la zona de estabilización adicional (figura 3.14). También la respuesta de nivel de disparo rápido para cortocircuitos de gran intensidad de corriente da lugar a una señal de excitación.

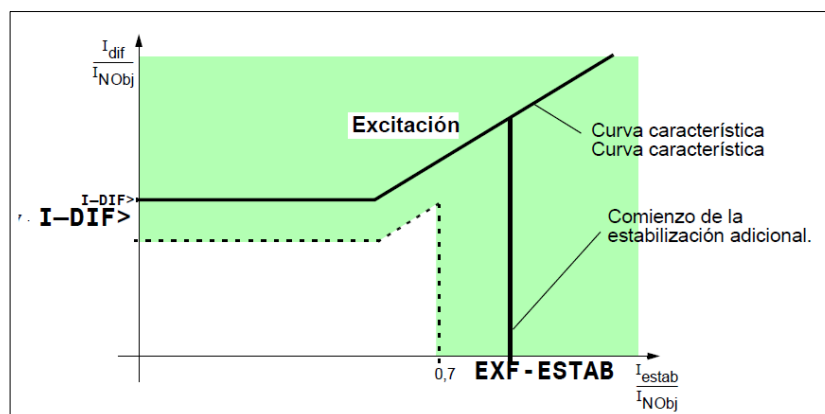


Figura 3.15 Excitación de la protección diferencial

Fuente: Siemens

Cuando una estabilización está activada por armónicos superiores, se lleva a cabo en primer lugar el análisis de los armónicos (aprox. 1 período), para comprobar eventualmente las condiciones de estabilización. En caso contrario se produce la orden de disparo en cuanto se cumplan las condiciones de disparo (Zona de disparo en la figura 3.13).

Para casos especiales se puede retardar la orden de disparo.

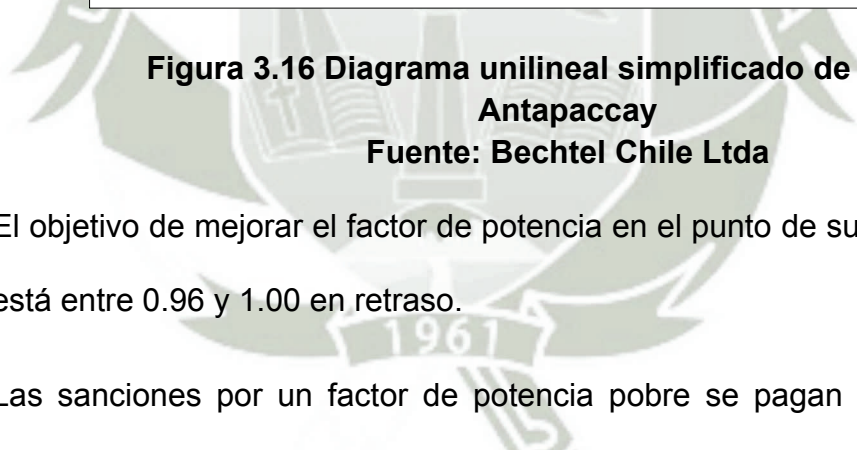
La recuperación se reconoce cuando durante 2 períodos deja de estar presente la excitación en la magnitud diferencial, es decir cuando la corriente diferencial haya descendido a $< 70\%$ del valor de ajuste, y ya no se cumplen las restantes condiciones de excitación.

Si no se había emitido ninguna orden de disparo, el caso de fallo termina con la recuperación. En cambio sí se había formado una orden de desconexión, ésta se mantiene durante la duración mínima de la orden, que se había ajustado para todas las funciones de protección en los datos generales del equipo.

3.4 Armónicas y corrección del factor de potencia PFC.

La distorsión en las formas de onda de los voltajes y corrientes en un Sistema de Potencia, es un problema cada vez mayor debido al incremento en cantidad y capacidad de dispositivos electrónicos no-lineales en los sistemas de potencia. La distorsión de una señal referente a una sinusoidal pura se expresa en términos de componentes armónicos o armónicos simplemente. En una señal eléctrica, un armónico es definido como el contenido de la señal cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia original del sistema.

Antapaccay es una nueva planta de cobre y zinc que se desarrolló en el sur de Perú. Como parte del proyecto, existen de tres grandes molinos sin engranajes accionados por cicloconvertidores y dos fajas transportadoras accionados de la misma manera. Esto requiere la corrección del factor de potencia y el estudio armónico para el diseño de equipos de compensación reactiva para la planta.



Fuente: Bechtel Chile Ltda

factor de potencia

Las sanciones por un factor de potencia pobre se pagan en base a la energía reactiva (Kvarh) superior al 30% de la energía activa (KWh) al mes. A continuación mostramos la siguiente tabla en un análisis de precios.

Demanda	Factor de Potencia	Potencia Reactiva	Energía Activa Mensual	Energía Reactiva Mensual	Exceso de Energía Reactiva	Ratio	Costo
MW	FP	MVAr	MWh	MVARh	>30%	Soles/KVARh	Soles
96	1.00	0.00	69120.00	0.00	0.00	0.035	0.00
96	0.99	13.68	69120.00	9849.07	0.00	0.035	0.00
96	0.98	19.49	69120.00	14035.41	0.00	0.035	0.00
96	0.97	24.06	69120.00	17323.10	0.00	0.035	0.00
96	0.96	28.00	69120.00	20160.00	0.00	0.035	0.00
96	0.95	31.55	69120.00	22718.65	1982.65	0.035	69,392.75
96	0.94	34.84	69120.00	25087.21	4351.21	0.035	152,292.35
96	0.93	37.94	69120.00	27317.97	6581.97	0.035	230,368.95
96	0.92	40.90	69120.00	29445.00	8709.00	0.035	304,815.00
96	0.91	43.74	69120.00	31492.00	10756.00	0.035	376,460.00
96	0.90	46.49	69120.00	33476.34	12740.34	0.035	445,911.90
96	0.89	49.18	69120.00	35411.23	14675.23	0.035	513,633.05
96	0.88	51.82	69120.00	37307.02	16571.02	0.035	579,985.70
96	0.87	54.41	69120.00	39172.11	18436.11	0.035	645,263.85
96	0.86	56.96	69120.00	41013.40	20277.40	0.035	709,709.00
96	0.85	59.50	69120.00	42836.73	22100.73	0.035	773,525.55

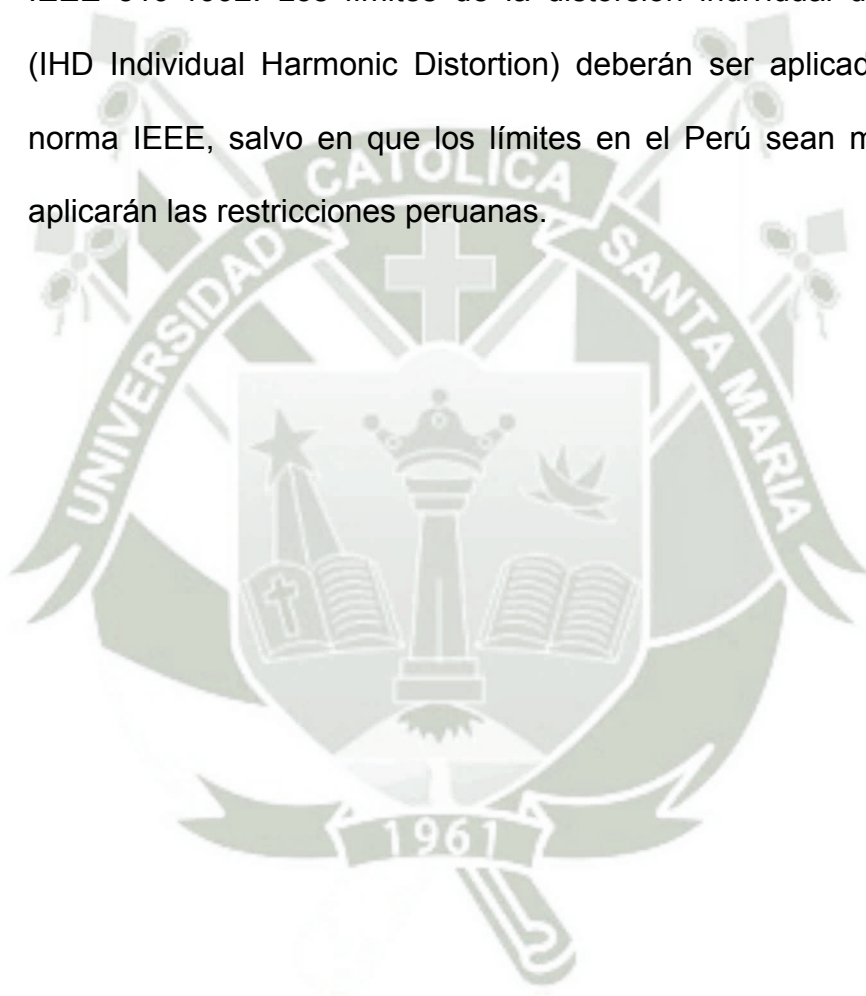
Tabla 3.8 Análisis de costo de la potencia reactiva en diferentes valores de factor de potencia

Fuente: Bechtel Chile Ltda

3.4.1 Distorsión armónica.

Los límites de distorsión armónica aplican las siguientes normas IEEE 519-1992 y la normal peruana 020-97 EM.

Los filtros deben estar diseñados para mantener la distorsión total de armónicas (THD Total Harmonic Distortion) por debajo de los límites de IEEE 519-1992. Los límites de la distorsión individual de armónicos (IHD Individual Harmonic Distortion) deberán ser aplicadas según la norma IEEE, salvo en que los límites en el Perú sean más bajos se aplicarán las restricciones peruanas.



Orden de Armónica		020-97-EM (%) del Vn		IEE 519-1992 (%) del Vn			Etapa 1 límites (%) del Vn	Etapa 2 límites (%) del Vn
		$V_n \leq 60kV$	$V_n > 60kV$	$V_n \leq 69kV$	$69kV < V_n \leq 161kV$	$V_n > 161kV$	$V_n = 138kV$	$V_n = 220kV$
Impar Múltiplo de 3	3	5.0	1.5	3.0	1.5	1.0	1.5	1.0
	9	1.5	1.0	3.0	1.5	1.0	1.0	1.0
	15	0.3	0.3	3.0	1.5	1.0	0.3	0.3
	21	0.2	0.2	3.0	1.5	1.0	0.2	0.2
	21<h≤45	0.2	0.2	3.0	1.5	1.0	0.2	0.2
Impar No múltiplo de 3	5	6.0	2.0	3.0	1.5	1.0	1.5	1.0
	7	0.5	2.0	3.0	1.5	1.0	1.5	1.0
	11	3.5	1.5	3.0	1.5	1.0	1.5	1.0
	13	3.0	1.5	3.0	1.5	1.0	1.5	1.0
	17	2.0	1.0	3.0	1.5	1.0	1.0	1.0
	19	1.5	1.0	3.0	1.5	1.0	1.0	1.0
	23	1.5	0.7	3.0	1.5	1.0	0.7	0.7
	27	1.5	0.7	3.0	1.5	1.0	0.7	0.7
	27<h≤45	0.2+2.5/h	0.1+2.5/h	3.0	1.5	1.0	0.1+2.5/h	0.1+2.5/h
Incluso	2	2.0	1.5	3.0	1.5	1.0	1.5	1.0
	4	1.0	1.0	3.0	1.5	1.0	1.0	1.0
	6	0.5	0.5	3.0	1.5	1.0	0.5	0.5
	8	0.5	0.2	3.0	1.5	1.0	0.2	0.2
	10	0.5	0.2	3.0	1.5	1.0	0.2	0.2
	12	0.2	0.2	3.0	1.5	1.0	0.2	0.2
	12<h≤50	0.5	0.2	3.0	1.5	1.0	0.2	0.2
THD		5.0	3.0	5.0	2.5	1.5	2.5	1.5

Tabla 3.9 Límites de distorsión armónica en voltajes utilizados en el estudio.
Fuente: Bechtel Chile Ltda

3.4.2 Filtro de armónicas.

Los efectos de los armónicos pueden eliminarse reduciendo la magnitud de las corrientes o voltajes armónicos que se producen en el sistema. La reducción puede hacerse mediante la instalación de filtros o mediante la conexión de la carga a un nivel de tensión para el cual el efecto de los armónicos sea menos considerable.

La magnitud de armónicos admisible en un sistema se encuentra establecida por la norma IEEE Standard 519-1922, "IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Power Systems". Dicha norma establece los límites admisibles tanto en voltaje como en corriente para el intercambio de potencia entre la compañía de servicio público y un sistema industrial.

El propósito del estudio fue el diseño final de filtros de armónicos en los 33KV de Antapaccay y asegurar que el factor de potencia en el punto de suministro (PCC) cumpla y no supere los límites de distorsión armónica.

Un diagrama unifilar simplificado del sistema de suministro eléctrico y los filtros propuestos se muestran en el siguiente diagrama.

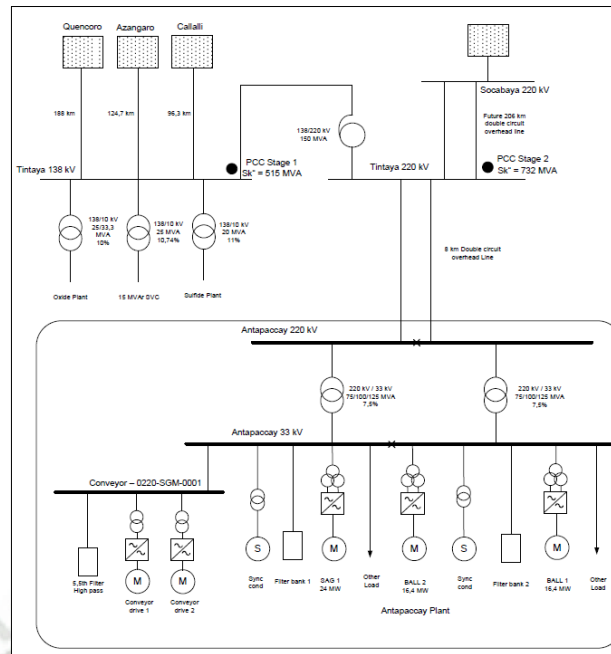


Figura 3.17 Diagrama unifilar simplificado con los filtros propuestos.

Fuente: Bechtel Chile Ltda

Dos grandes bancos de filtros deben ser instalados en el bus principal 33KV Antapaccay. Cada banco de filtro comprende 5 circuitos de filtro, como se muestra en el siguiente diagrama.

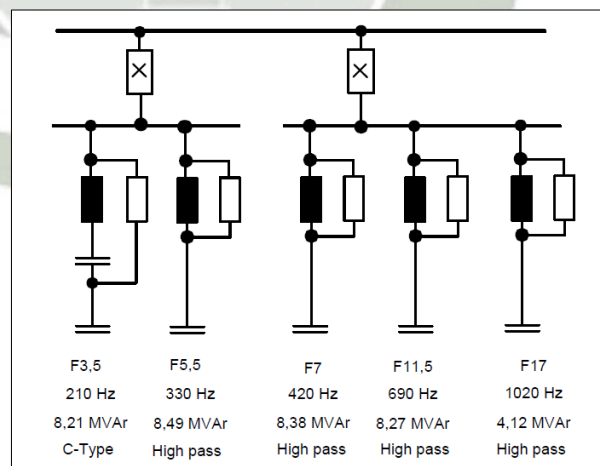


Figura 3.18 Configuración banco de filtros, potencia total 37.47MVar

Fuente: Bechtel Chile Ltda

3.4.2.1 Selección y tipo de filtro.

El objetivo de un filtro de armónicos es proporcionar una trayectoria a tierra de baja impedancia para los armónicos de voltaje o corriente, con el fin de facilitar su circulación a tierra y prevenir su propagación en el resto del sistema. En este sentido, los filtros deben ser ubicados lo más cerca posible del punto donde se generan los armónicos.

El tipo de filtro requerido depende del número de armónicos a eliminar del sistema.

En general, se tiene dos tipos de filtros para armónicos:

- Filtros sintonizados.
- Filtros amortiguados.

Usaremos un filtro amortiguado que es un circuito RLC como el indicado en la figura 3.18. Estos se utilizan normalmente para eliminar conjuntos de armónicos, generalmente mayores a 13, con magnitudes relativamente menores.

CAPITULO IV

PRUEBAS

4.1 Pruebas.

4.1.1 Demanda de potencia en los molinos SAG.

Determinar la potencia P necesaria para rotar un molino es una de las variables de mayor importancia en molienda semiautógena y se determinará una expresión a partir de la siguiente figura:

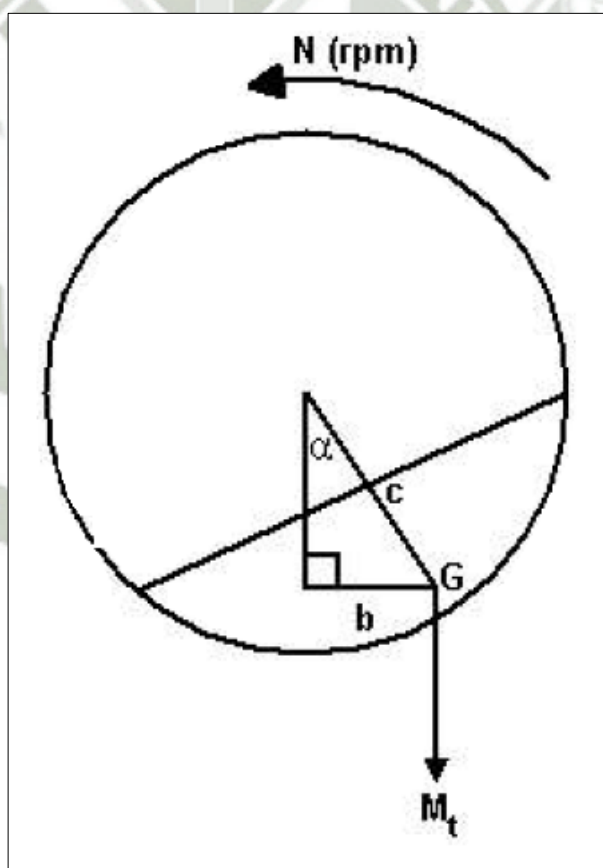


Figura 4.1 Esquema de la rotación de un molino.

Fuente: Propia

Para mantener el molino rotando se debe ejercer un torque proporcional al producto entre el peso M_t y la distancia b . El punto G y el eje vertical de simetría del molino. Conociendo como varían estas cantidades con las condiciones de operación, se puede saber como es afectada la potencia. Se puede establecer lo siguiente.

- a) El producto $M_t \times b$ entrega el torque necesario para mantener el molino en movimiento.
- b) El brazo b aumenta con el ángulo de reposo. En consecuencia, cualquier factor que afecta al ángulo α afectara del mismo modo a la potencia.
- c) A medida que aumenta el nivel del molino, M_t aumenta y b disminuye. Si el molino se encuentra en vacío, el factor M_t es cero, y si está completamente lleno entonces b es cero, es decir, en ambos casos el torque ($M_t \times b$) es cero.
- d) Para un peso M_t constante, si la carga tiene una mayor densidad ocupará menos volumen y b aumenta con lo cual la potencia se hace mayor.
- e) Para un volumen de llenado constante, si la carga tiene una mayor densidad, M_t aumenta y la potencia crece.

4.1.2 Potencia consumida en función de variables de operación del molino.

No existe en la actualidad una formula teórica que permita el cálculo

exacto de la potencia demandada por un molino semiautógeno en función de sus variables de operación y geometría interna. Sin embargo, haciendo uso de la mecánica de un sólido en rotación, es posible desarrollar una expresión que entregue un valor aproximado. En este caso se puede considerar que la potencia neta en el cilindro está dada por:

$$P = \tau \omega$$

Dónde:

P : Potencia neta consumida.

τ : Torque que el motor debe ejercer para elevar la carga.

ω : Velocidad angular con que gira el molino.

Como se vio anteriormente, el torque puede escribirse como:

$$\tau = M_t \times c \times \text{sen} \alpha$$

Dónde:

τ : Torque que debe proporcionar el motor.

M_t : Peso total de la carga (mineral, bolas y agua).

c : Distancia entre el centro del molino y el centro de gravedad de la carga.

α : Angulo de levantamiento de la carga.

A continuación mostraremos las siguientes tablas las cuales describen

la secuencia de pruebas que se hicieron al molino SAG en distintos porcentajes de carga, velocidad crítica.

Tenemos valores ya establecidos de fábrica como:

- Dimensiones del molino SAG : 40x25 pies.
- Diámetro del molino SAG : 40.00 pies.
- Longitud del molino SAG : 25.00 pies.
- Potencia del motor : 24000 KW.
- Potencia de proceso : 20663 KW.
- Volumen del molino SAG : 864.80 m³.

Debemos tener en cuenta que los valores a continuación detallados son reales y buenos hasta un máximo de carga de bolas al 15%.

El funcionamiento por encima del 78% de la velocidad crítica puede provocar un funcionamiento errático.

Para las posteriores tablas mostraremos los valores de la potencia en distintos valores de carga, velocidad crítica y RPM.

4.1.3 Potencia de Carga

La curva potencia versus carga en un molino puede dividirse en tres zonas: una zona de operación segura, una zona de operación máxima y una zona de sobrecarga.

El rango seguro de operación se sitúa entre el 20% a 35% de la carga

volumétrica en el molino, bajo este rango el revestimiento del molino podría dañarse seriamente debido al impacto de los medios de molienda con revestimiento sin el amortiguamiento suficiente proporcionado por la pulpa.

Sobre este rango y dependiendo del diseño del molino el nivel de la carga podría ser lo suficientemente alta para que las partículas queden atrapadas entre el buzón de alimentación y el revestimiento, en esta zona la potencia y la carga del molino varían en forma proporcional.

La zona de operación de operación máxima es típicamente entre 35% y 40% de la carga volumétrica en el molino, en este rango la potencia y la carga en el molino varían en forma proporcional pero siempre hay un riesgo latente de sobrecarga del molino.

La zona de sobrecarga está caracterizada por una disminución de la potencia recuperación desde esta condición la potencia aumenta mientras la carga disminuye por esta razón los métodos de detección de sobrecarga deben estar basados en el sentido de cambio de la potencia y de la carga del molino, si los cambios en la potencia y la carga son el sentido contrario se concluye que el molino está sobrecargado. A continuación mostramos la figura 4.2 potencia del molino versus volumen del molino.

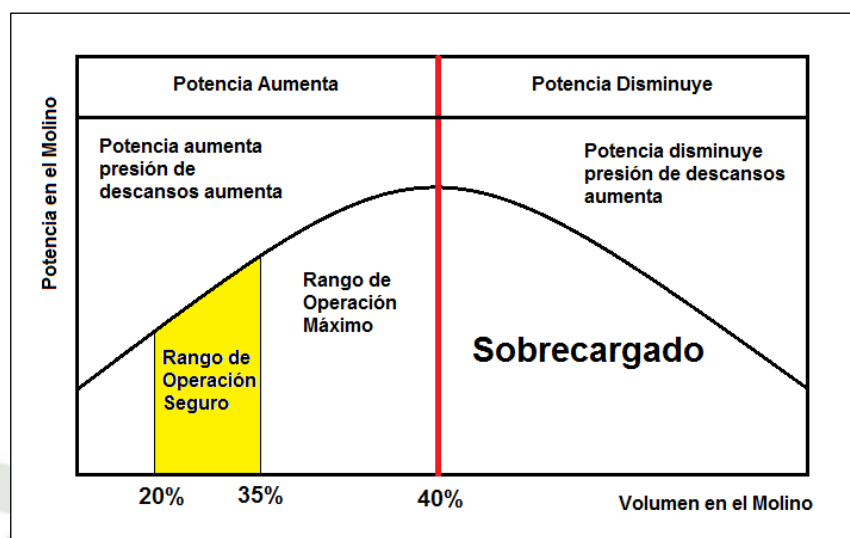


Figura 4.2 Potencia versus volumen del molino.

Fuente: Propia

Carga del molino %	60.00 % TCS		67.00 % TCS		74.00 % TCS		80.00 % TCS		85.00 % TCS		CARGA	
	7.35 RPM		8.21 RPM		9.07 RPM		9.80 RPM		10.42 RPM		TOTAL	
	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	lb	kg
10%	16471	12283	18393	13716	20314	15149	21962	16378	23334	17401	989461	448817
11%	16714	12464	18664	13918	20614	15373	22285	16619	23678	17658	1015419	460591
12%	17143	12784	19143	14276	21143	15767	22857	17045	24286	18111	1041377	472366
13%	17602	13126	19655	14657	21709	16189	23469	17502	24936	18596	1067335	484140
14%	18325	13666	20463	15260	22601	16854	24433	18221	25960	19359	1093293	495915
15%	18828	14041	21025	15679	23221	17317	25104	18721	26673	19891	1119251	507689
16%	19795	14762	22104	16484	24414	18206	26393	19682	28043	20913	1145210	519464
17%	20401	15214	22781	16989	25161	18763	27201	20285	28901	21552	1171168	531239
18%	20538	15316	22934	17103	25330	18889	27384	20421	29096	21698	1197126	543013
19%	20635	15388	23042	17183	25450	18979	27513	20517	29233	21800	1223084	554788
20%	20723	15454	23141	17257	25559	19060	27631	20605	29358	21893	1249042	566562
21%	20921	15602	23361	17421	25802	19241	27894	20802	29637	22101	1275000	578337
22%	21073	15715	23532	17549	25991	19382	28098	20954	29854	22263	1300958	590111
23%	21184	15798	23656	17641	26127	19484	28246	21064	30011	22380	1326916	601886
24%	21227	15830	23704	17677	26180	19523	28303	21107	30072	22426	1352874	613660
25%	21287	15874	23770	17726	26254	19579	28382	21165	30156	22488	1378832	625435
26%	21347	15919	23838	17777	26329	19634	28463	21226	30242	22553	1404790	637209
27%	21421	15974	23921	17839	26420	19702	28562	21300	30347	22631	1430748	648984
28%	21455	16000	23958	17866	26461	19733	28606	21332	30394	22666	1456707	660759
29%	21478	16017	23983	17885	26489	19754	28637	21356	30427	22690	1482665	672533
30%	21501	16034	24013	17907	26522	19778	28672	21382	30464	22718	1508623	684308
31%	21532	16057	24044	17930	26556	19804	28709	21409	30503	22747	1534581	696082
32%	21562	16080	24077	17955	26593	19831	28749	21439	30546	22779	1560539	707857
33%	21554	16074	24069	17949	26583	19824	28739	21432	30535	22771	1586497	719631
34%	21509	16040	24018	17911	26528	19783	28679	21387	30471	22723	1612455	731405
35%	21474	16014	23979	17882	26485	19751	28632	21352	30422	22687	1638413	743180

Tabla 4.1 Potencia Molino SAG, 10% Carga de Bolas.

Fuente FLSmidth Minerals.

Carga del molino %	60.00 % TCS		67.00 % TCS		74.00 % TCS		80.00 % TCS		85.00 % TCS		CARGA	
	7.35 RPM		8.21 RPM		9.07 RPM		9.80 RPM		10.42 RPM		TOTAL	
	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	lb	kg
10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1135437	515031
11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1161395	526805
12%	18914	14105	21121	15750	23328	17396	25219	18806	26795	19982	1187353	538580
13%	19271	14370	21519	16047	23767	17724	25694	19161	27300	20358	1213311	550354
14%	19910	14847	22233	16580	24556	18312	26547	19797	28206	21034	1239269	562129
15%	20100	14989	22445	16738	24790	18487	26800	19985	28475	21235	1265228	573903
16%	20568	15338	22968	17128	25368	18917	27425	20451	29139	21729	1291186	585678
17%	21352	15922	23843	17780	26334	19637	28469	21229	30248	22556	1317144	597452
18%	22464	16752	25085	18706	27706	20660	29952	22336	31824	23732	1343102	609227
19%	22943	17109	25620	19105	28297	21101	30591	22812	32503	24238	1369060	621001
20%	22989	17143	25671	19143	28353	21143	30652	22858	32568	24286	1395018	632776
21%	23157	17269	25859	19283	28560	21298	30876	23025	32806	24464	1420976	644550
22%	23278	17358	25993	19383	28709	21409	31037	23144	32977	24591	1446934	656325
23%	23353	17415	26077	19446	28802	21478	31137	23219	33083	24671	1472892	668100
24%	23355	17416	26080	19448	28805	21480	31140	23222	33087	24673	1498850	679874
25%	23377	17433	26105	19467	28832	21500	31170	23244	33118	24696	1524808	691649
26%	23402	17451	26132	19487	28863	21523	31203	23268	33153	24723	1550766	703423
27%	23443	17482	26178	19521	28913	21561	31257	23309	33211	24766	1576725	715198
28%	23441	17480	26175	19519	28910	21559	31254	23307	33207	24763	1602683	726972
29%	23428	17471	26161	19509	28895	21547	31237	23294	33190	24750	1628641	738747
30%	23421	17465	26153	19503	28886	21541	31228	23287	33180	24742	1654599	750521
31%	23416	17462	26148	19499	28880	21536	31221	23282	33173	24737	1680557	762296
32%	23415	17461	26147	19498	28879	21535	31220	23281	33172	24736	1706515	774070
33%	23374	17430	26101	19464	28828	21498	31166	23241	33114	24693	1732473	785845
34%	23294	17371	26012	19397	28730	21424	31059	23161	33000	24609	1758431	797619
35%	23226	17320	25936	19341	28646	21361	30968	23093	32904	24537	1784389	809394

Tabla 4.2 Potencia Molino SAG, 12% Carga de Bolas.

Fuente FLSmidth Minerals.

Carga del molino %	60.00 % TCS		67.00 % TCS		74.00 % TCS		80.00 % TCS		85.00 % TCS		CARGA	
	7.35 RPM		8.21 RPM		9.07 RPM		9.80 RPM		10.42 RPM		TOTAL	
	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	lb	kg
10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1281413	581245
11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1307371	593020
12%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1333329	604794
13%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1359287	616569
14%	21476	16015	23981	17883	26487	19751	28634	21353	30424	22687	1385245	628343
15%	21547	16068	24060	17942	26574	19817	28729	21423	30524	22762	1411204	640118
16%	21915	16343	24472	18249	27029	20156	29220	21790	31047	23152	1437162	651892
17%	22377	16687	24987	18633	27598	20580	29836	22249	31701	23639	1463120	663667
18%	22925	17095	25599	19090	28274	21084	30566	22794	32477	24218	1489078	675441
19%	23744	17706	26514	19772	29284	21837	31658	23608	33637	25083	1515036	687216
20%	25255	18833	28201	21030	31148	23227	33673	25110	35778	26680	1540994	698990
21%	25394	18936	28356	21146	31319	23355	33858	25249	35974	26827	1566952	710765
22%	25482	19002	28455	21219	31427	23436	33976	25336	36099	26919	1592910	722539
23%	25522	19032	28499	21252	31477	23473	34029	25376	36156	26962	1618868	734314
24%	25483	19003	28456	21220	31429	23437	33978	25338	36101	26921	1644826	746088
25%	25468	18992	28439	21207	31410	23423	33957	25322	36079	26905	1670784	757863
26%	25457	18983	28427	21198	31397	23413	33942	25311	36064	26893	1696742	769637
27%	25464	18989	28435	21204	31406	23420	33952	25319	36074	26901	1722701	781412
28%	25426	18961	28393	21173	31359	23385	33902	25281	36020	26861	1748659	793186
29%	25378	18925	28339	21133	31300	23341	33838	25233	35953	26810	1774617	804961
30%	25338	18895	28294	21099	31250	23303	33783	25193	35895	26767	1800575	816735
31%	25300	18867	28252	21068	31204	23269	33734	25156	35842	26728	1826533	828510
32%	25269	18843	28217	21041	31165	23240	33691	25124	35797	26694	1852491	840284
33%	25194	18788	28134	20980	31073	23172	33593	25050	35692	26616	1878449	852059
34%	25079	18702	28005	20884	30931	23066	33439	24936	35529	26495	1904407	863833
35%	24978	18627	27893	20800	30807	22973	33304	24836	35386	26388	1930365	875608

Tabla 4.3 Potencia Molino SAG, 14% Carga de Bolas.

Fuente FLSmidth Minerals.

Carga del molino %	60.00 % TCS		67.00 % TCS		74.00 % TCS		80.00 % TCS		85.00 % TCS		CARGA	
	7.35 RPM		8.21 RPM		9.07 RPM		9.80 RPM		10.42 RPM		TOTAL	
	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	lb	kg
10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1427389	647459
11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1453347	659234
12%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1479305	671009
13%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1505263	682783
14%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1531222	694558
15%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1557180	706332
16%	23249	17337	25961	19360	28674	21382	30998	23116	32936	24561	1583138	718107
17%	23618	17612	26373	19667	29128	21721	31490	23483	33458	24950	1609096	729881
18%	24076	17954	26885	20049	29694	22143	32102	23939	34108	25435	1635054	741656
19%	24546	18304	27409	20439	30273	22575	32727	24405	34773	25931	1661012	753430
20%	25060	18687	27983	20867	30907	23048	33413	24916	35501	26474	1686970	765205
21%	27630	20604	30854	23008	34077	25412	36840	27472	39143	29189	1712928	776979
22%	27686	20646	30916	23054	34146	25463	36914	27527	39221	29248	1738886	788754
23%	27690	20649	30921	23058	34151	25467	36920	27532	39228	29253	1764844	800528
24%	27611	20590	30833	22992	34054	25394	36815	27453	39116	29169	1790802	812303
25%	27558	20550	30773	22948	33988	25346	36744	27401	39041	29113	1816760	824077
26%	27511	20515	30721	22909	33930	25302	36682	27354	38974	29064	1842719	835852
27%	27485	20496	30692	22887	33899	25279	36647	27328	38938	29036	1868677	847626
28%	27412	20441	30610	22826	33808	25211	36549	27255	38833	28959	1894635	859401
29%	27329	20379	30517	22757	33706	25135	36438	27173	38716	28871	1920593	871175
30%	27254	20324	30434	22695	33614	25066	36339	27098	38610	28792	1946551	882950
31%	27185	20272	30356	22637	33528	25002	36246	27029	38511	28718	1972509	894724
32%	27122	20225	30286	22585	33450	24944	36162	26967	38423	28652	1998467	906499
33%	27015	20145	30166	22495	33318	24846	36020	26860	38271	28539	2024425	918273
34%	26865	20033	29999	22370	33133	24708	35819	26711	38058	28380	2050383	930048
35%	26730	19933	29849	22259	32968	24584	35641	26578	37868	28239	2076341	941822

Tabla 4.4 Potencia Molino SAG, 16% Carga de Bolas.

Fuente FLSmidth Minerals.

Carga del molino %	60.00 % TCS		67.00 % TCS		74.00 % TCS		80.00 % TCS		85.00 % TCS		CARGA	
	7.35 RPM		8.21 RPM		9.07 RPM		9.80 RPM		10.42 RPM		TOTAL	
	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	BHP	BkW	lb	kg
10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1573365	713674
11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1599323	725448
12%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1625281	737223
13%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1651239	748997
14%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1677198	760772
15%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1703156	772546
16%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1729114	784321
17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1755072	796095
18%	25219	18806	28161	21000	31104	23194	33625	25075	35727	26642	1781030	807870
19%	25601	19091	28587	21318	31574	23545	34134	25454	36267	27045	1806988	819644
20%	26029	19410	29066	21675	32102	23939	34705	25880	36874	27498	1832946	831419
21%	29867	22272	33351	24871	36836	27469	39823	29696	42312	31552	1858904	843193
22%	29890	22289	33377	24890	36864	27490	39853	29719	42344	31576	1884862	854968
23%	29859	22266	33343	24864	36826	27462	39812	29688	42300	31544	1910820	866742
24%	29739	22177	33209	24764	36678	27351	39652	29569	42130	31417	1936778	878517
25%	29649	22109	33108	24689	36567	27268	39532	29479	42002	31322	1962736	890291
26%	29566	22048	33015	24620	36464	27192	39421	29397	41885	31234	1988695	902066
27%	29507	22004	32949	24571	36392	27138	39342	29338	41801	31172	2014653	913840
28%	29398	21922	32827	24480	36257	27037	39197	29229	41646	31056	2040611	925615
29%	29279	21834	32695	24381	36111	26928	39039	29112	41479	30931	2066569	937389
30%	29171	21753	32574	24291	35978	26829	38895	29004	41326	30817	2092527	949164
31%	29069	21677	32460	24206	35852	26735	38758	28903	41181	30709	2118485	960938
32%	28975	21607	32356	24128	35736	26649	38634	28810	41048	30610	2144443	972713
33%	28835	21503	32199	24011	35563	26520	38447	28670	40849	30462	2170401	984487
34%	28650	21364	31992	23857	35335	26350	38200	28486	40587	30266	2196359	996262
35%	28483	21240	31806	23718	35129	26196	37977	28320	40350	30090	2222317	1008037

Tabla 4.5 Potencia Molino SAG, 18% Carga de Bolas.

Fuente FLSmidth Minerals.

Conclusiones

- El sistema de accionamiento sin engranajes evita todo contacto entre el molino rotativo y las partes estáticas del motor, por lo tanto se tiene un flujo de trabajo continuo sin mantenimiento de los engranajes o de los piñones, lo que solía ser tiempo de parada es ahora tiempo productivo.
- El accionamiento sin engranajes tiene una amplia ventaja con respecto a al accionamiento mediante engranajes porque la transmisión mecánica del eje alcanza un límite, a la vez el sistema sin engranajes tiene un alto costo de inversión inicial pero con ventajas comparativas al no utilizar un sistema de transmisión mecánico.
- Se pueden ajustar las rpm a las propiedades de los minerales, a los distintos modos de operación para los mantenimientos respectivos, lo cual redundará en un desgaste significativamente menor del recubrimiento del molino, la dirección de rotación del molino se puede cambiar sencillamente con un interruptor, de modo que el desgaste del revestimiento se distribuya por igual a ambos lados.

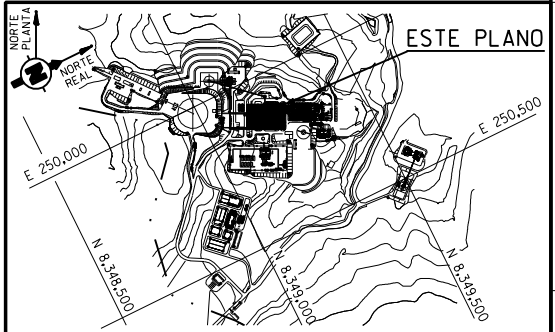
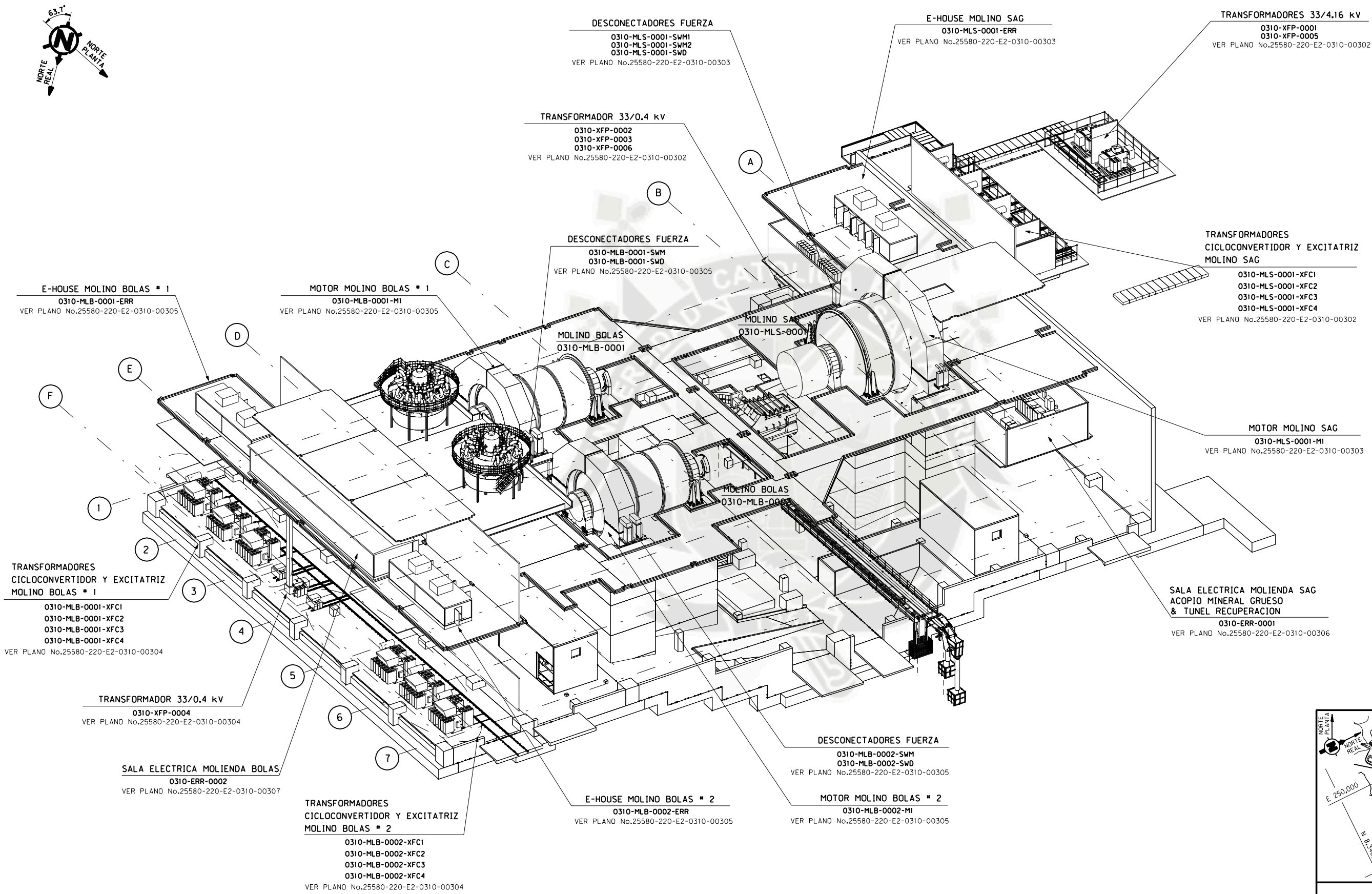
Bibliografía.

- THEODORE WILDI. Máquinas Eléctricas y Sistema de Potencia. Editorial Pearson Educación – 6ta Edición. México 2007.
- BHAG S. GURU. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Editorial Alfaomega — 3ra Edición. México 2006.
- STEPHEN J. CHAPMAN. Máquinas Eléctricas. Editorial Mc Graw Hill – 4ta Edición. México 2005.
- JESÚS FRAILE MORA. Máquinas Eléctricas. Editorial Mc Graw Hill – 5ª Edición. España 2003.
- A.E. FITZGERALD, CHARLES KINGSLEY JR, STEPHEN D. UMANS. Máquinas Eléctricas. Editorial Mc Graw Hill – 6ª Edición. México 2004.
- MUHAMMAD H. RASHID. Electrónica de Potencia, Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones. Editorial Pearson Educación - 3ª Edición. México 2004.
- TIMOTHY J. MALONEY. Electrónica Industrial Moderna. Editorial Pearson Educación - 5ª Edición. México 2006.
- ENRIQUE RAS. Transformadores de Potencia, de media y de protección. Editorial Boixareu Editores. - 7ª Edición. España 1991.
- SIMINE MILL GD accionamiento sin engranajes [en línea] <<http://www.siemens.com/mining>> [consulta: 19/06/2013].
- GEARLESS MOTOR DRIVE accionamiento sin engranajes [en línea] <www.abb.com/minerals> [consulta: 07/04/2013].
- SAG MILL molino semi autógeno [en línea] <www.flsmidth.com/en-US> [consulta: 02/03/2013].

ANEXOS



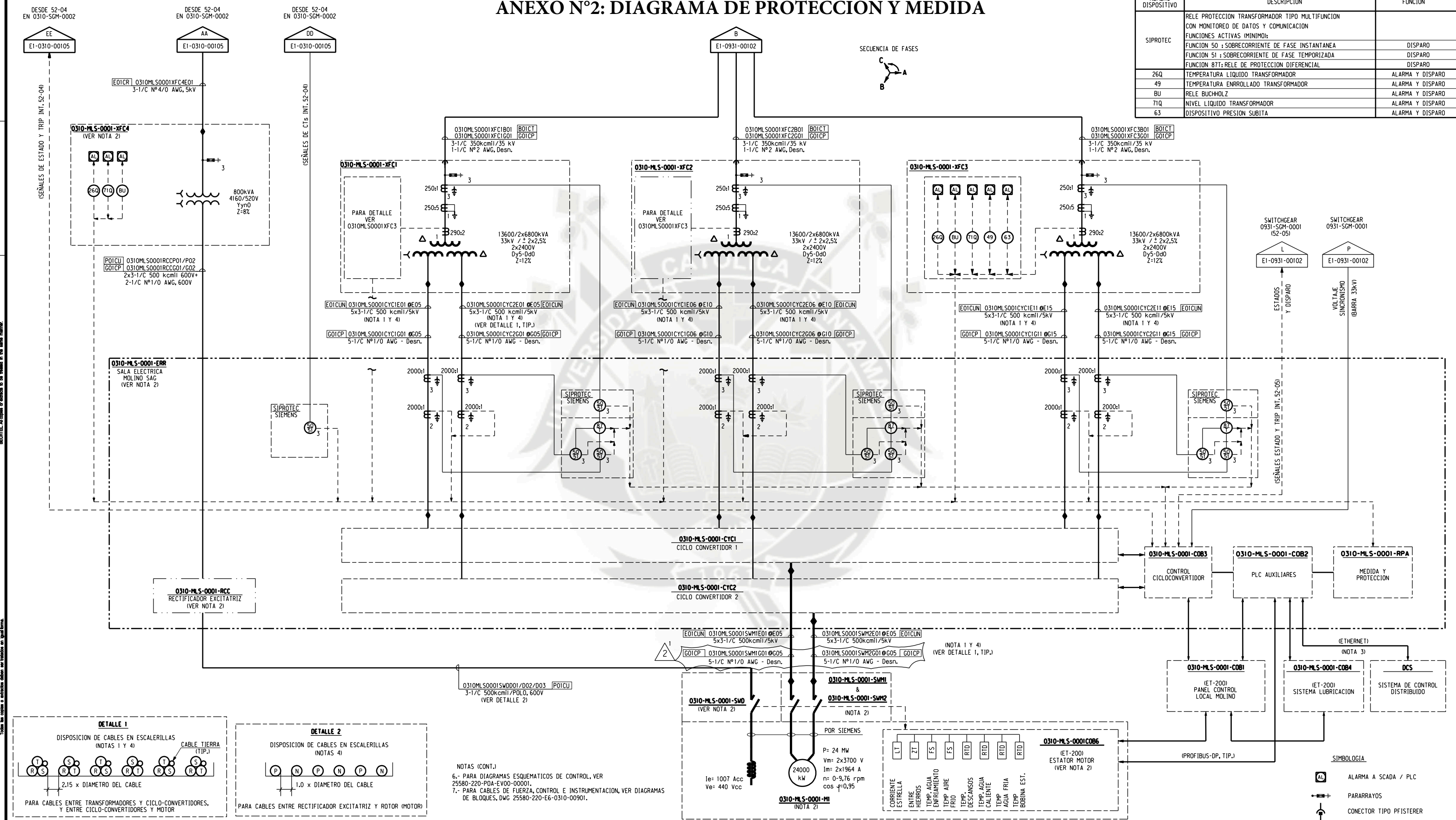
ANEXO N°1: DISPOSICIÓN MOLINO SAG EN PLANTA DE MOLIENDA ANTAPACCAY



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ANEXO N°2: DIAGRAMA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

NUMERO DISPOSITIVO	DESCRIPCION	FUNCION
SIPROTEC	RELE PROTECCION TRANSFORMADOR TIPO MULTIFUNCION CON MONITOREO DE DATOS Y COMUNICACION FUNCIONES ACTIVAS (MINIMO):	
	FUNCION 50 : SOBRECORRIENTE DE FASE INSTANTANEA	DISPARO
	FUNCION 51 : SOBRECORRIENTE DE FASE TEMPORIZADA	DISPARO
	FUNCION 87T: RELE DE PROTECCION DIFERENCIAL	DISPARO
26Q	TEMPERATURA LIQUIDO TRANSFORMADOR	ALARMA Y DISPARO
49	TEMPERATURA ENROLLADO TRANSFORMADOR	ALARMA Y DISPARO
BU	RELE BUCHHOLZ	ALARMA Y DISPARO
71Q	NIVEL LIQUIDO TRANSFORMADOR	ALARMA Y DISPARO
63	DISPOSITIVO PRESION SUBITA	ALARMA Y DISPARO

[illegible]

1.-CABLES DE MEDIA TENSION SIN PANTALLA SEGUN RECOMENDACIONES DE SIEMENS.
2.-LA ORDEN DE COMPRA N° EVOO INCLUYE: TRANSFORMADORES, CICLOCONVERTIDORES, EXCITATRIZ, SALA ELECTRICA, SWITCHES DE ESTATOR Y ROTOR, INSTRUMENTACION, PLC Y MOTOR.
3.-LAS SEÑALES REQUERIDAS POR EL CONTROL DE PROCESO SERAN TRANSMITIDAS AL DCS A TRAVES DEL ENLACE DE COMUNICACION ETHERNET TCOPI.
4.-LA DISPOSICION DE CABLES EN ESCALERILAS DEBE SEGUIR LA INDICACION MOSTRADA EN ESTE PLANO
5.-PARA SEÑALES DE MEDIDA Y PROTECCION DEL MOTOR SAG VER PL N°25580-220-VIA-EVOO-00007
NOTAS

		Bechtel Chile Ltda.					
CLIENTE	APROBACION		BECHTEL CHILE	ESCALA: S/ESC.		FECHE	
	XSTRATA	FECHA		DISEÑO POR: R.VARAS	DESEÑO POR: C.MARAMBAIO		22-ENE
	ING. PROYECTO.			REVISADO POR: A.PUEBLA	E.FREDES		22-ENE
	GTE. INGENIERIA			ING. PROYECTO	ALEJANDRO VERGUDO		18-IOC
				GTE. INGENIERIA	CLAUDIO ZAMORANO		18-IOC
Job No. 25580		PLANO BECHTEL N°		25580-220- E1 -0310- 00101			

PROYECTO ANTAPACCAY - EXPANSION TINTAYA

XSTRATA BECHTEL ALLIANCE

MOLIENDA

MOTOR MOLINO DE SAG 0310-MLS-0001

DIAGRAMA DE PROTECCION Y MEDIDA

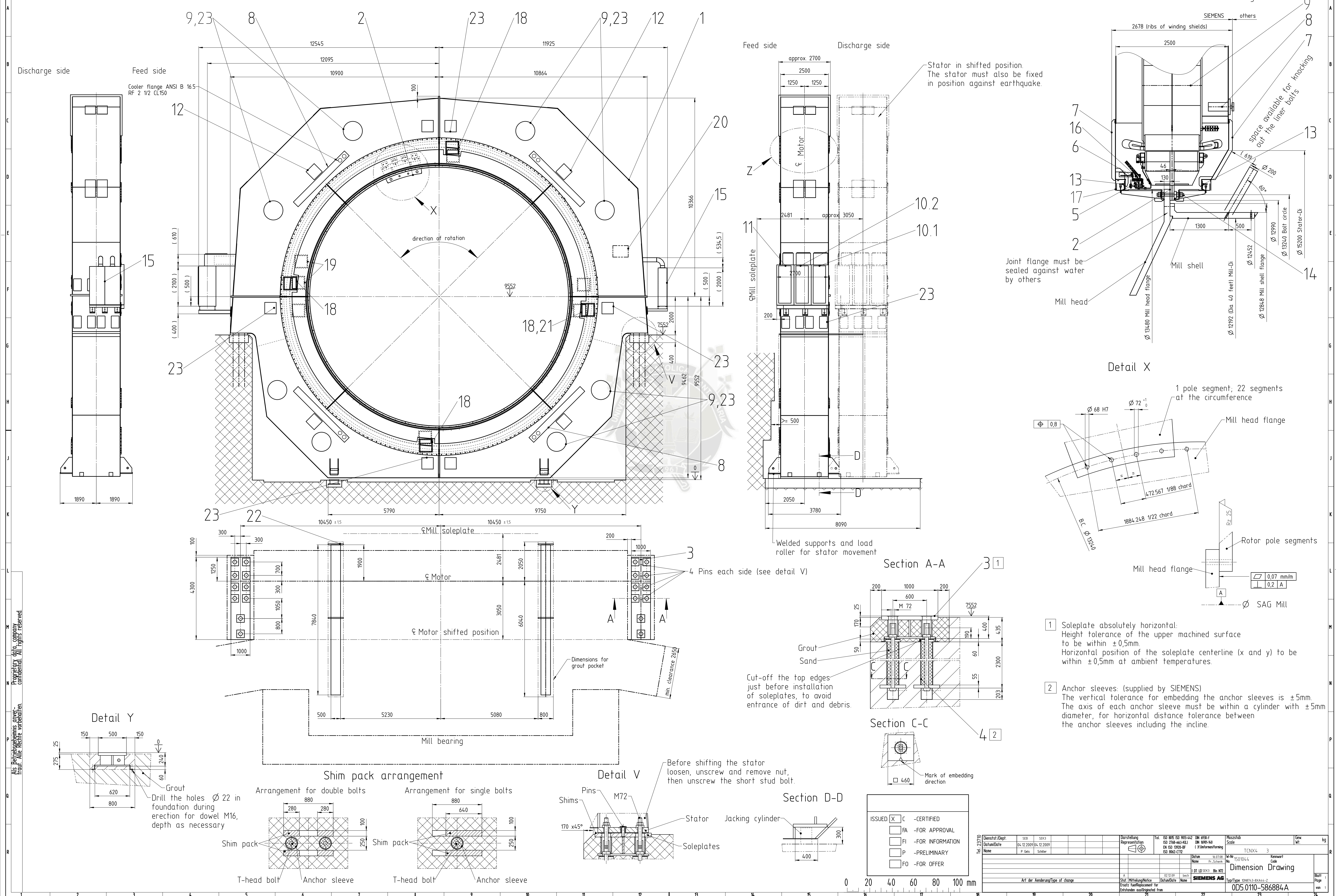
View at Discharge side

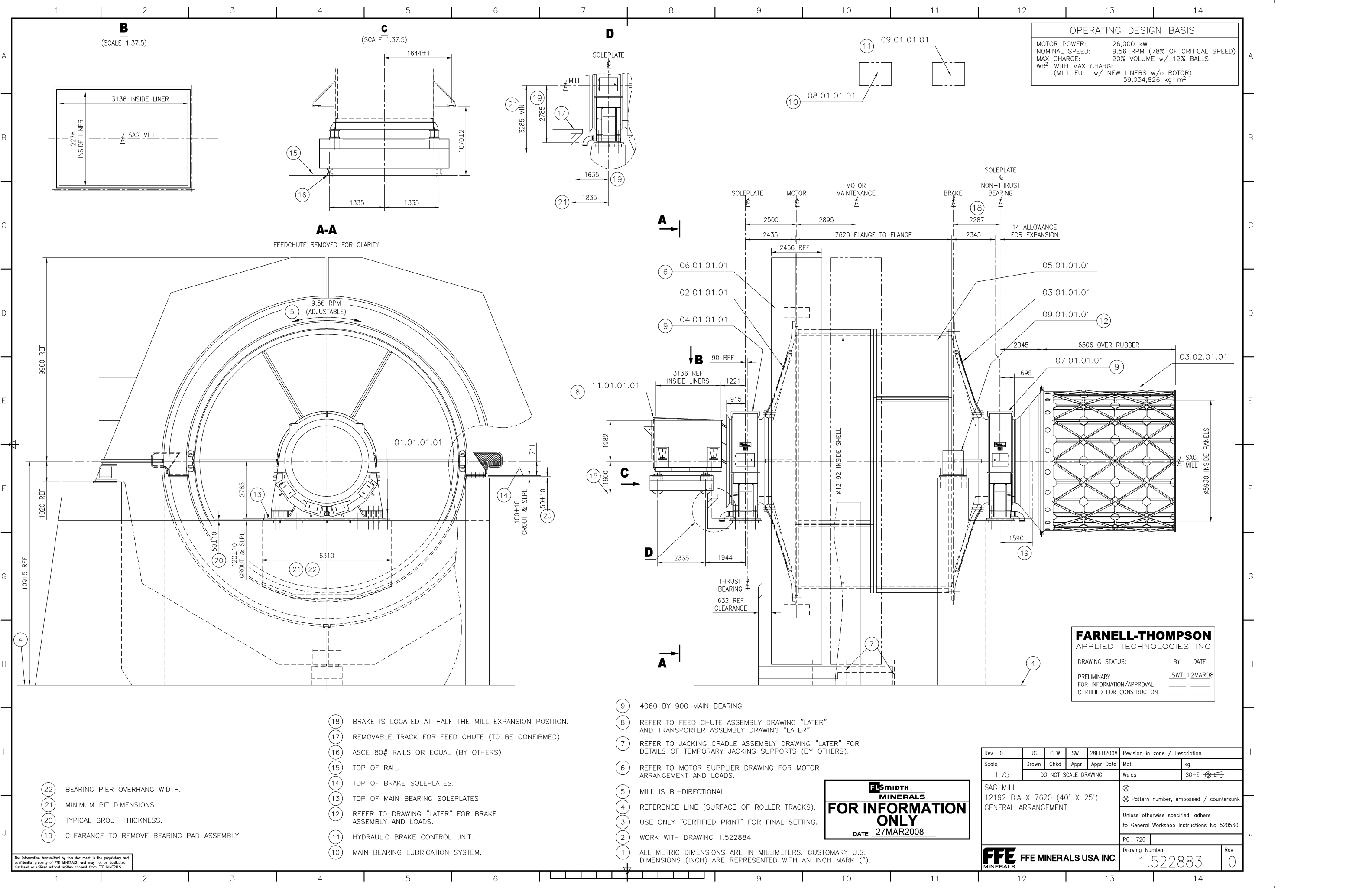
ANEXO N°3: DIMENSIONES GENERALES MOLINO SAG

Feed side

Detail Z

Discharge side





OPERATING DESIGN BASIS	
MOTOR POWER:	26,000 kW
NOMINAL SPEED:	9.56 RPM (78% OF CRITICAL SPEED)
MAX CHARGE:	20% VOLUME w/ 12% BALLS
WR ² WITH MAX CHARGE	(MILL FULL w/ NEW LINERS w/o ROTOR)
	59,034,826 kg-m ²

FARNELL-THOMPSON APPLIED TECHNOLOGIES INC			
DRAWING STATUS:	BY:	DATE:	
PRELIMINARY	SWT	12MAR08	
FOR INFORMATION/APPROVAL			
CERTIFIED FOR CONSTRUCTION			

- 18 BRAKE IS LOCATED AT HALF THE MILL EXPANSION POSITION.
- 17 REMOVABLE TRACK FOR FEED CHUTE (TO BE CONFIRMED)
- 16 ASCE 80# RAILS OR EQUAL (BY OTHERS)
- 15 TOP OF RAIL.
- 14 TOP OF BRAKE SOLEPLATES.
- 13 TOP OF MAIN BEARING SOLEPLATES
- 12 REFER TO DRAWING "LATER" FOR BRAKE ASSEMBLY AND LOADS.
- 11 HYDRAULIC BRAKE CONTROL UNIT.
- 10 MAIN BEARING LUBRICATION SYSTEM.

- 9 4060 BY 900 MAIN BEARING
- 8 REFER TO FEED CHUTE ASSEMBLY DRAWING "LATER" AND TRANSPORTER ASSEMBLY DRAWING "LATER".
- 7 REFER TO JACKING CRADLE ASSEMBLY DRAWING "LATER" FOR DETAILS OF TEMPORARY JACKING SUPPORTS (BY OTHERS).
- 6 REFER TO MOTOR SUPPLIER DRAWING FOR MOTOR ARRANGEMENT AND LOADS.
- 5 MILL IS BI-DIRECTIONAL
- 4 REFERENCE LINE (SURFACE OF ROLLER TRACKS).
- 3 USE ONLY "CERTIFIED PRINT" FOR FINAL SETTING.
- 2 WORK WITH DRAWING 1.522884.
- 1 ALL METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. CUSTOMARY U.S. DIMENSIONS (INCH) ARE REPRESENTED WITH AN INCH MARK ("").

**FLSMIDTH
MINERALS**
**FOR INFORMATION
ONLY**
DATE 27MAR2008

Rev 0	RC	CLW	SWT	28FEB2008	Revision in zone / Description	
Scale	Drawn	Chkd	Appr	Appr Date	Matl	kg
1:75	DO NOT SCALE DRAWING				Welds	ISO-E 
SAG MILL 12192 DIA X 7620 (40' x 25') GENERAL ARRANGEMENT						⊗ Pattern number, embossed / countersunk
					Unless otherwise specified, adhere to General Workshop Instructions No 520530.	
					PC 726	
 FFE MINERALS USA INC.					Drawing Number	Rev
					1.522883	0

The information transmitted by this document is the proprietary and confidential property of FFE MINERALS, and may not be duplicated, disclosed or utilized without written consent from FFE MINERALS.

ANEXO N°4: DATOS TECNICOS MOLINO SAG

Antapaccay

SIMINE MILL GD

SAG Mill

Date: 09.11.2009
Name: Schiller

ISSUED:	☒	C-CERTIFIED
	☐	FA- FOR APPROVAL
	☐	IN- INITIAL
	☐	P- PRELIMINARY
	☐	FO- FOR OFFER

Dazugehörige Zeichnung/
Accompanying drawing:

0D5.0110-586884

				Date: 16.07.2008	W.-Nr./W.-No.: 1501044	
				Name: Schiller/Schenk	Kennwort/Code: Antap_40	
				I DT LD SEK3	Maßbildtext Dimension Drawing Text	
C		09.11.2009	Wint			
B		18.02.2009	K-G			
A		30.07.2008	Schi			
Stat.	Mitteilung / Notice	Datum/Date	Name	Siemens AG	Typ/Type: 1DN8743-8XA44-Z	Page: 0
Proprietary Data, company confidential. All rights reserved					4D5.0111-586883 C	

Table of contents Inhaltsverzeichnis

Dimension drawing Maßbild	0D5.0110-586884
Drawing text Maßbildtext	4D5.0111-586883 C
Table of contents Inhaltsverzeichnis	Page 1 Seite 1
General Information Übersicht	Page 2 Seite 2
Technical data Technische Daten	Page 3;4 Seite 3;4
Permissible radial eccentricity and radial rigidity Zul.radiale Außermittigkeiten und Radial- steifigkeiten	Page 5 Seite 5
Foundation loads Fundamentkräfte	Page 7-0;7-1;7-2 Seite 7-0;7-1;7-2
Weights Gewichte	Page 8 Seite 8
Terminals Anschlußklemmen	Page 9 Seite 9
Shipping dimensions Transportabmessungen	Page 10 Seite 10
Instrumentation Instrumentierung	Page 16-0 Seite 16-0

				Date: 16.07.2008	W.-Nr./W.-No.: 1501044	Maßbildtext Dimension Drawing Text Typ/Type: 1DN8743-8XA44-Z 4D5.0111-586883 C	Page: 1
				Name: Schiller/Schenk	Kennwort/Code: Antap_40		
				I DT LD SEK3	Siemens AG		
C		09.11.2009	Wint				
B		18.02.2009	K-G				
A		30.07.2008	Schi				
Stat.	Mitteilung / Notice	Datum/Date	Name	Proprietary Data, company confidential. All rights reserved			

General Information

- | | |
|--|---|
| <p>1. Stator
Stator</p> <p>2. Rotor segments
Rotorsegmente</p> <p>3. Sole plates
Sohlplatten</p> <p>4. Anchor sleeves
Ankerbüchsen</p> <p>5. Slipring
Schleifring</p> <p>6. Brush gear
Bürstenträger</p> <p>7. Winding shields
Wicklungsschilde</p> <p>8. Air / Water coolers
Luft-/ Wasser - Kühler</p> <p>9. Blowers
Fremdlüfter</p> <p>10.1 Stator main terminal box System 1 +.U11
Stator-Hauptklemmenkasten System 1</p> <p>10.2 Stator main terminal box System 2 +.U12
Stator-Hauptklemmenkasten System 2</p> <p>11. Exciter Terminals +.U13
Erregerklemmen</p> <p>12. Air Leakage Filters
Leckluftfilter</p> | <p>13. Sealing system
Dichtungssystem</p> <p>14. Coupling bolts
Kupplungsbolzen</p> <p>15. Auxiliary terminals boxes +.U15
Hilfsklemmenkästen</p> <p>16. Grounding brushes
Erdungsbürsten</p> <p>17. Rain Shield
Regenschild</p> <p>18. Inspections doors on both sides
Air gap measurement at feed side.
Doors for other purposes.
Inspektionstüren an beiden Seiten
Luftspaltmessung auf "feed side".
Türen für andere Zwecke.</p> <p>19. Service doors for brush
inspection/-change at feed side
Bedienungstüren für Bürsten-
kontrolle/-wechsel auf "feed side"</p> <p>20. Starpoint-Box +.U18
Sternpunkt-Kasten</p> <p>21. Real value speed sensing device
at feed side +.U17
Drehzahl-Istwerterfassung auf "feed side"</p> <p>22. Roller track
Rollerbahn</p> <p>23. Access door/ opening on both sides
Zugangstür/-deckel an beiden Seiten</p> |
|--|---|

				Date: 16.07.2008	W.-Nr./W.-No.: 1501044	
				Name: Schiller/Schenk	Kennwort/Code: Antap_40	
				I DT LD SEK3	Maßbildtext Dimension Drawing Text	
C		09.11.2009	Wint			
B		18.02.2009	K-G			
A		30.07.2008	Schi	Siemens AG	Typ/Type: 1DN8743-8XA44-Z	Page 2
Stat.	Mitteilung / Notice	Datum/Date	Name		4D5.0111-586883 C	
Proprietary Data, company confidential. All rights reserved						

Technical data / Technische Daten

Electrical data stated below corresponding to 4200 m.a.s.l

Output Leistung	kW	24000	
Voltage Spannung	V	2x3700	
Current / max. starting current Strom / max. Anfahrstrom	A / A	2x1964 / 2x3044	C
Operating speed / frequency Betriebsdrehzahl / Frequenz	min ⁻¹ / Hz	9,04 / 6,629	
Excitation output Erregerleistung	kW	443	
Excitation current / voltage Erregerstrom / -spannung	A / V	1007 / 440	C
Max. excitation rating Max. Erregerleistung	kW	585	C
Max.excitation current/max.excitation voltage Max.Erregerstrom/-spannung	A / V	1157 / 506	C
Starting torque/starting time Anfahrmoment/-dauer	p.u. / sec	1,55 / 60	
cos phi starting/operating cos phi Anfahren/Betrieb		0,950 / 0,970	
Speed range/Drehzahlstellbereich at const. torque / bei konst.Moment	min ⁻¹	2,71 / 9,04	C
at const. power / bei konst.Leistung	min ⁻¹	9,04 / 9,76	
Inching speed / Positionierdrehzahl	min ⁻¹	1,00	
Creeping speed / Schleichdrehzahl	min ⁻¹	0,30	
Direction of rotation Drehrichtung		clockwise and counter clockwise Rechts- und Linkslauf	
Motor enclosure: Type of construction/Type of protection Bauform/Schutzart		IM5710 / IP55	
Method of cooling Kühlart	IC	IC75W	
Stator Ständer		4 parts 4 -teilig	
Rotor Läufer	88 poles= 88 Pole=	22 segments 22 Segmente	

				Date: 16.07.2008	W.-Nr./W.-No.: 1501044	
				Name: Schiller/Schenk	Kennwort/Code: Antap_40	
				I DT LD SEK3	Maßbildtext Dimension Drawing Text	
C		09.11.2009	Wint			
B		18.02.2009	K-G			
A		30.07.2008	Schi			
Stat.	Mitteilung / Notice	Datum/Date	Name	Siemens AG	Typ/Type: 1DN8743-8XA44-Z	Page: 3
Proprietary Data, company confidential. All rights reserved					4D5.0111-586883 C	

Technical data / Technische Daten

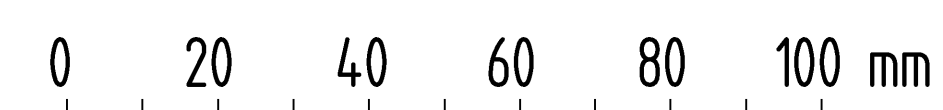
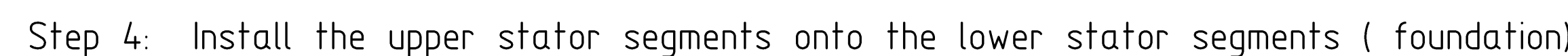
Electrical data stated below corresponding to 4200 m.a.s.l

Air to water cooling / Luft-Wasserkühlung

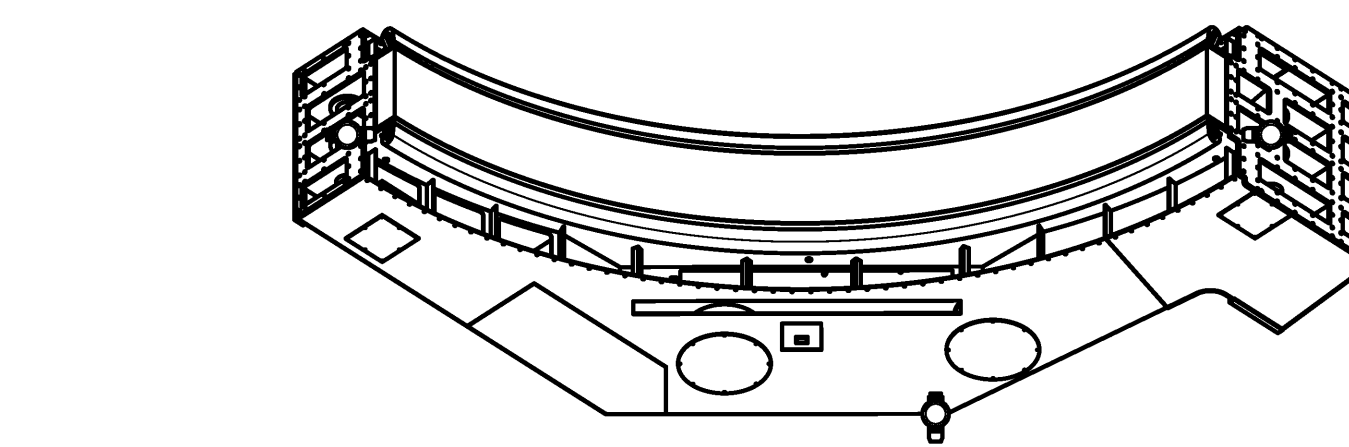
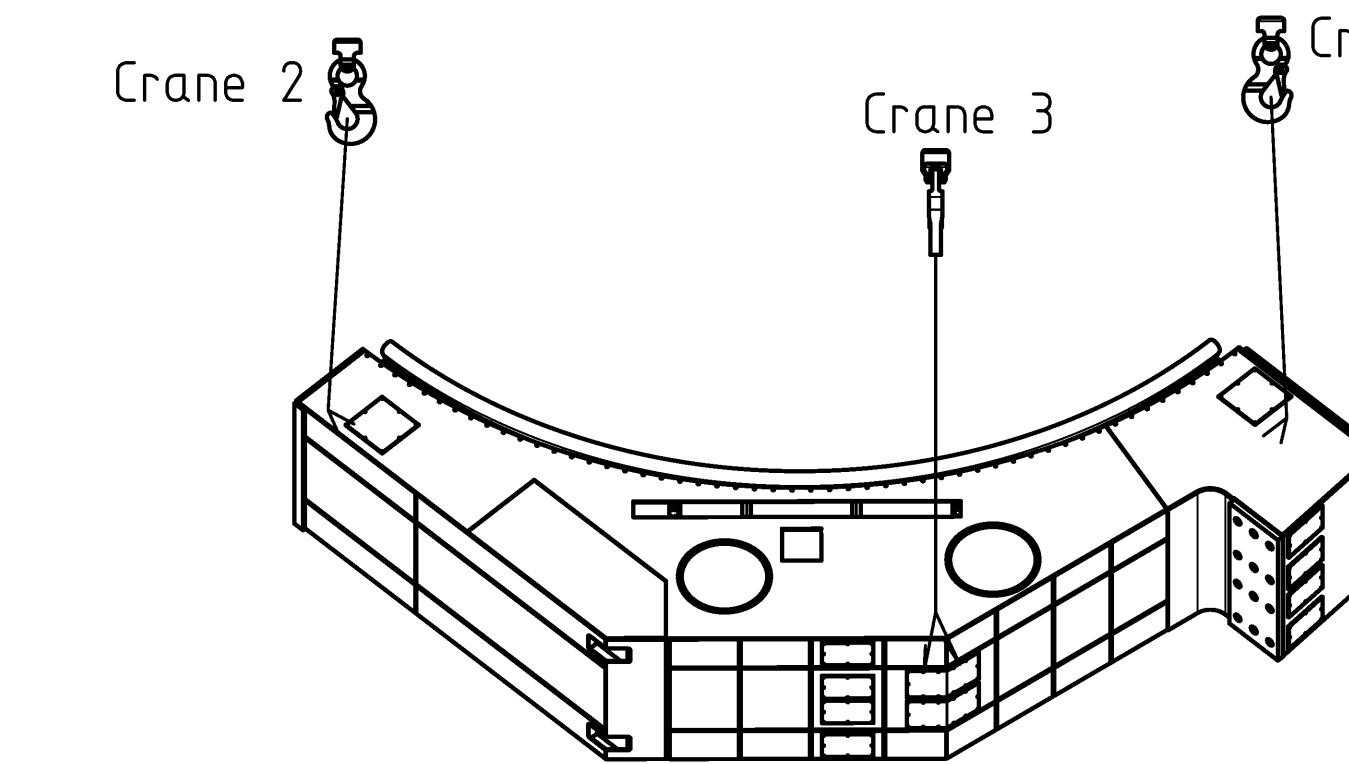
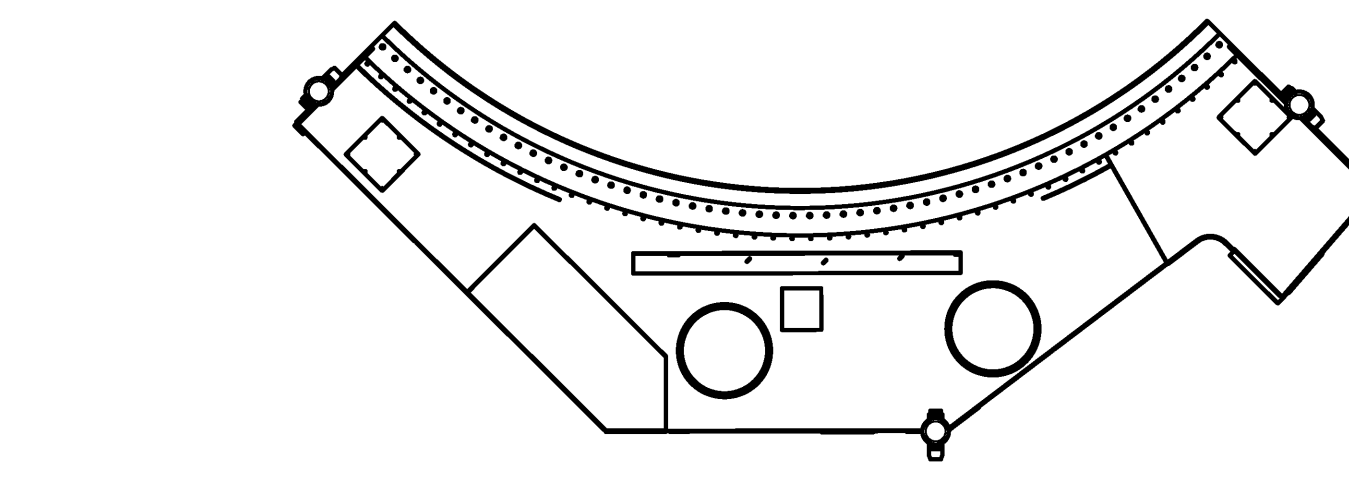
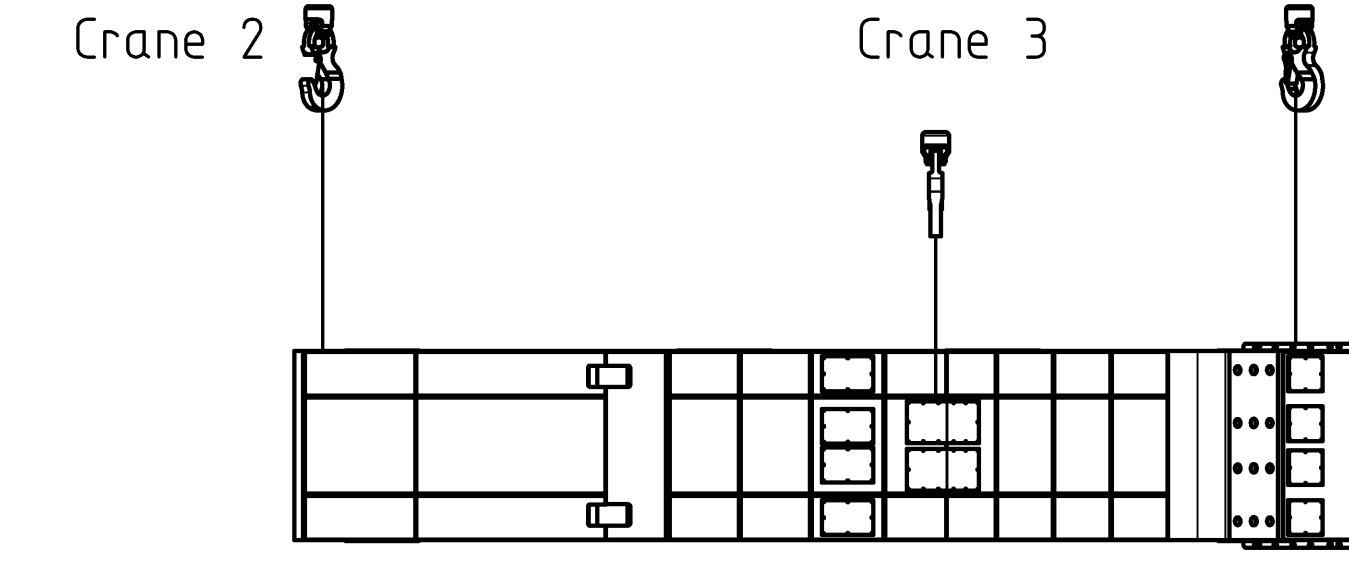
Required quantity of water / erf. Gesamtwassermenge	m³/h	135	C
Capacity of cooler / Kühlerleistung	Freshwater with 30% glycol kW	1100	C
Max. inlet temperature / max. Eintrittstemperatur	°C	20	
Max. outlet temperature at rated conditions/ max. Austrittstemperatur bei Betrieb	°C	27	
Rated pressure / Betriebsdruck	bar	6	
Pressure drop / Druckabfall	bar	0,7	C
Material of pipes / Material der Rohre		CuNi10Fe	
Material of tube sheets / Material der Rohrböden		Naval Brass	
Material of headers / Material der Kammern		steel resin coating Stahl/Rilsan	
Counterflange, 2 1/2 RF-150 lb ANSI B16.5, Siemens Delivery / Gegenflansch		Steel / Stahl	
1 cooler consists of 4 elements 1 Kühler besteht aus 4 Elementen			
Weight of 1 element / Gewicht für 1 Element	kg	605	C
Installed blowers / eingebaute Lüfter	number / Anzahl	8	
Installed motor power / install. Motorleistung	each kW/je kW	21	C
Nominal motor voltage/ frequency Motor-Anschlußspannung / Frequenz	V/Hz	460 / 60	C
Weight of 1 fan / Gewicht für 1 Lüfter	kg	160	
Anticondensation heating / Stillstandsheizung	kW	30	
Nominal voltage / frequency Anschlußspannung / Frequenz	V / Hz	460 / 60	C

				Date: 16.07.2008	W.-Nr./W.-No.: 1501044	
				Name: Schiller/Schenk	Kennwort/Code: Antap_40	
				I DT LD SEK3	Maßbildtext Dimension Drawing Text	
C		09.11.2009	Wint			
B		18.02.2009	K-G	Siemens AG	Typ/Type: 1DN8743-8XA44-Z	Page: 4
A		30.07.2008	Schi			
Stat.	Mitteilung / Notice	Datum/Date	Name			
Proprietary Data, company confidential. All rights reserved					4D5.0111-586883 C	

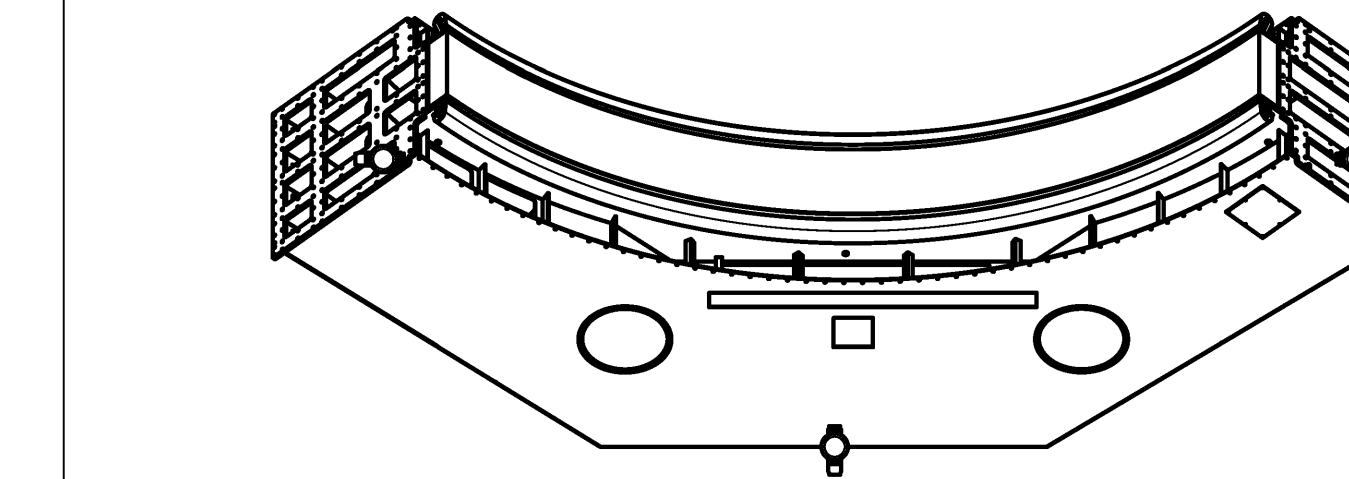
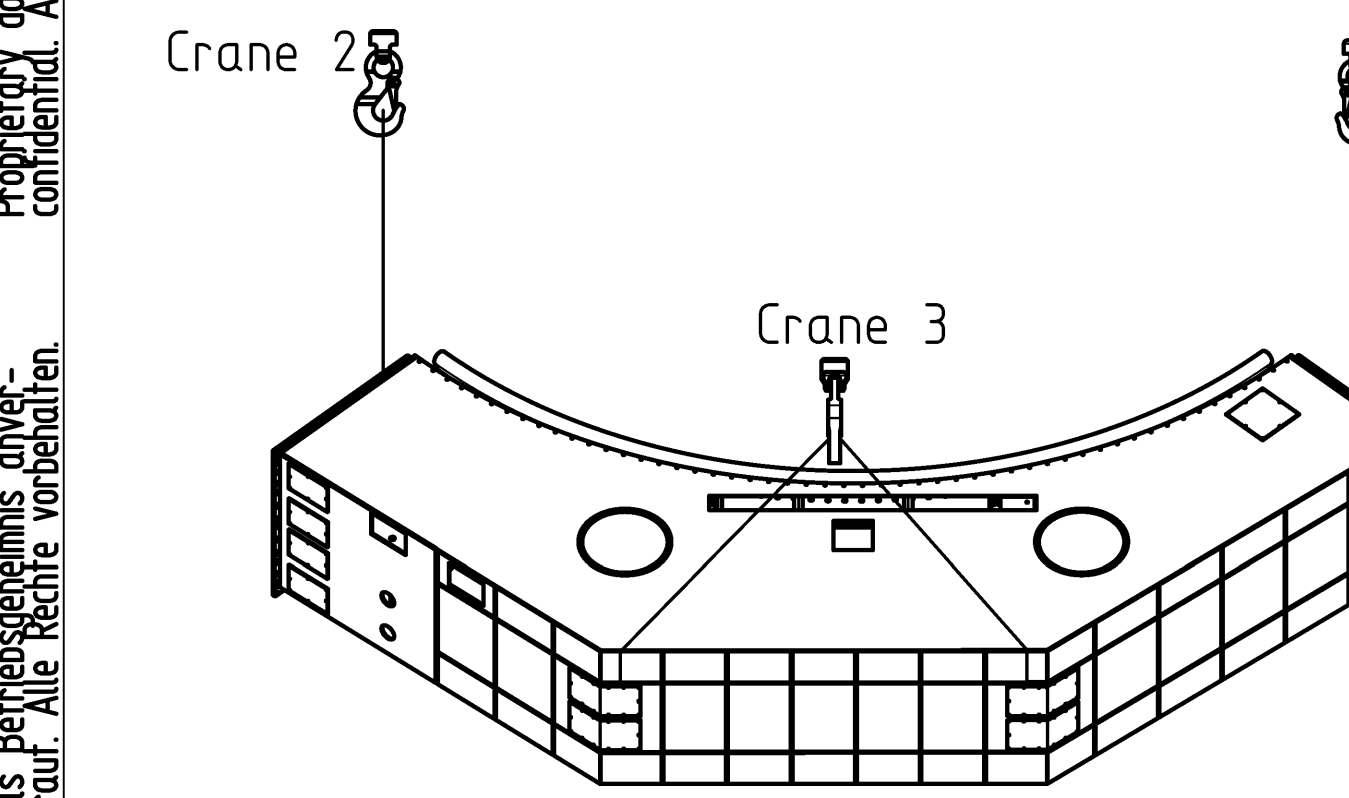
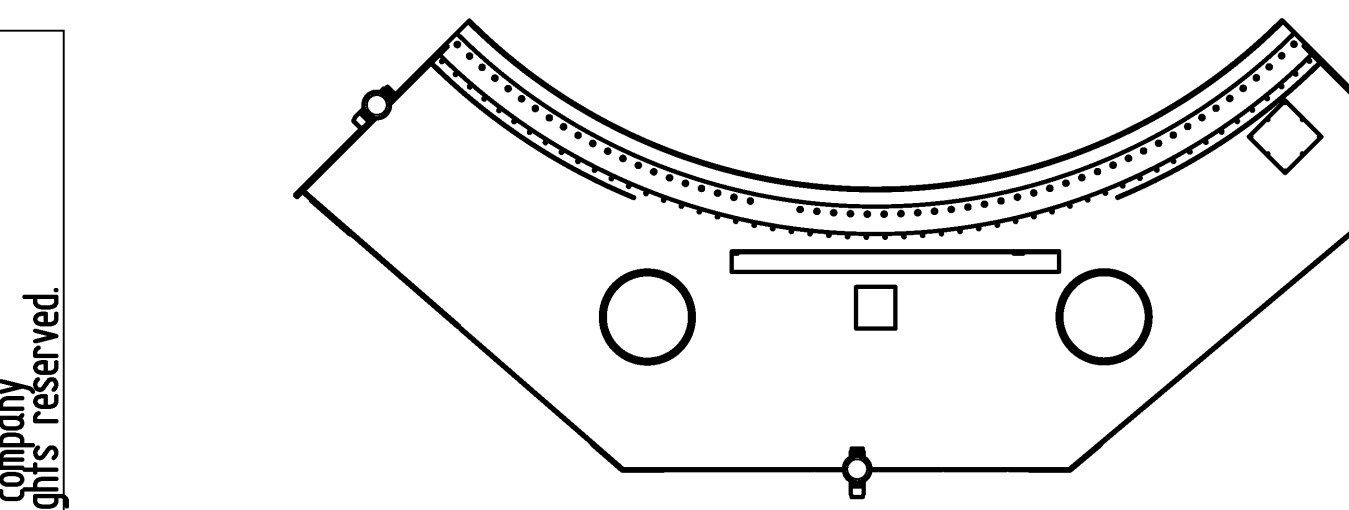
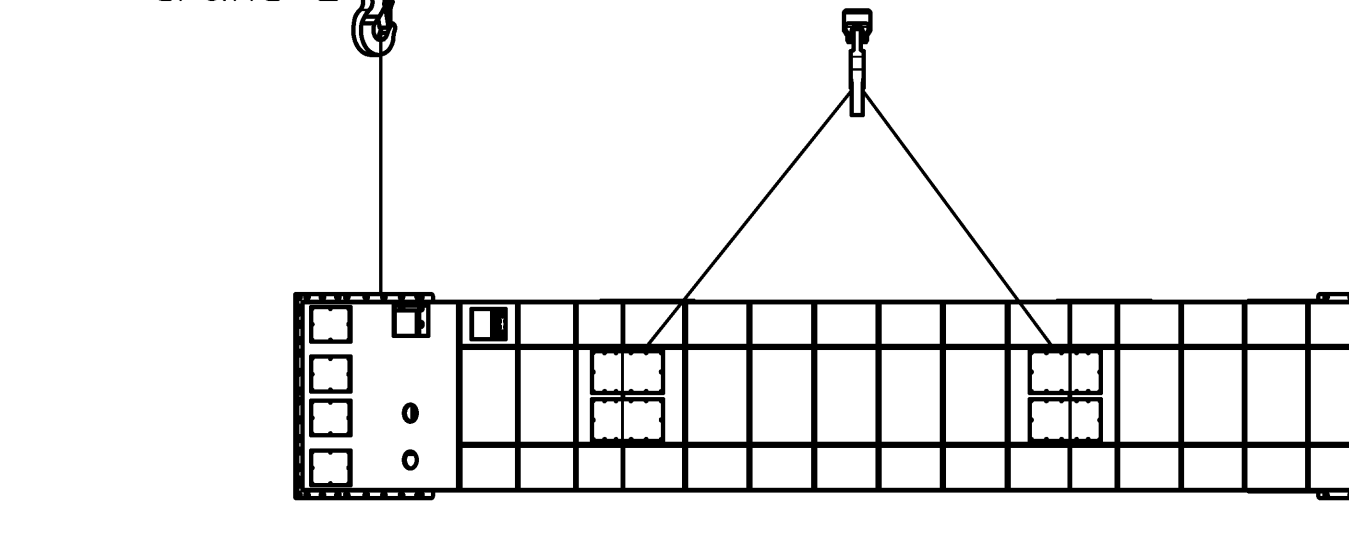
Crane 1: (Main)
Crane 2:

Siemens AG Dr.
24[illegible]

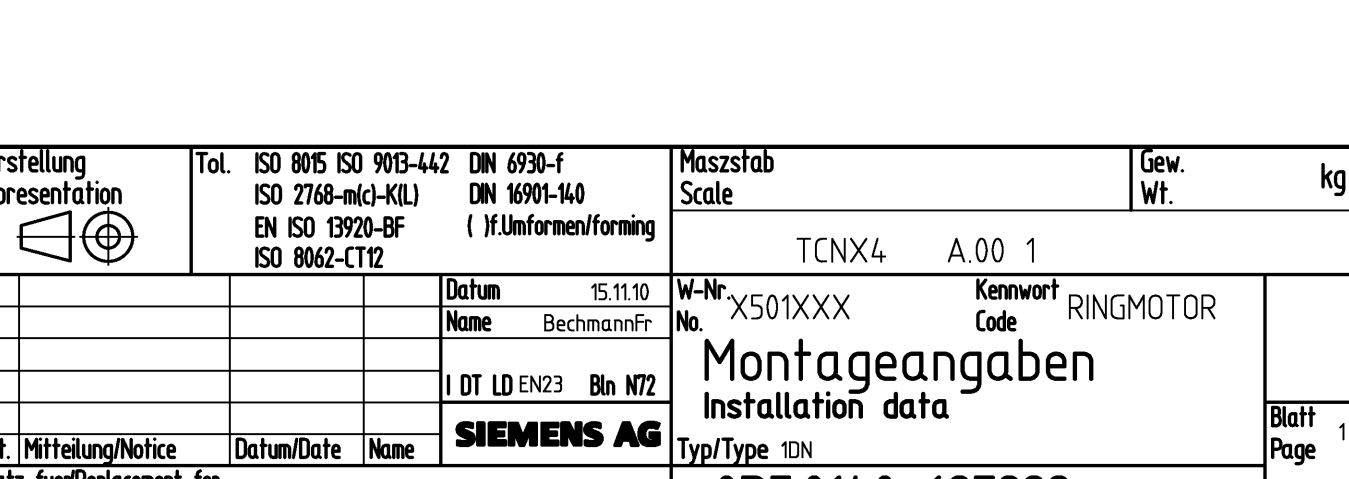
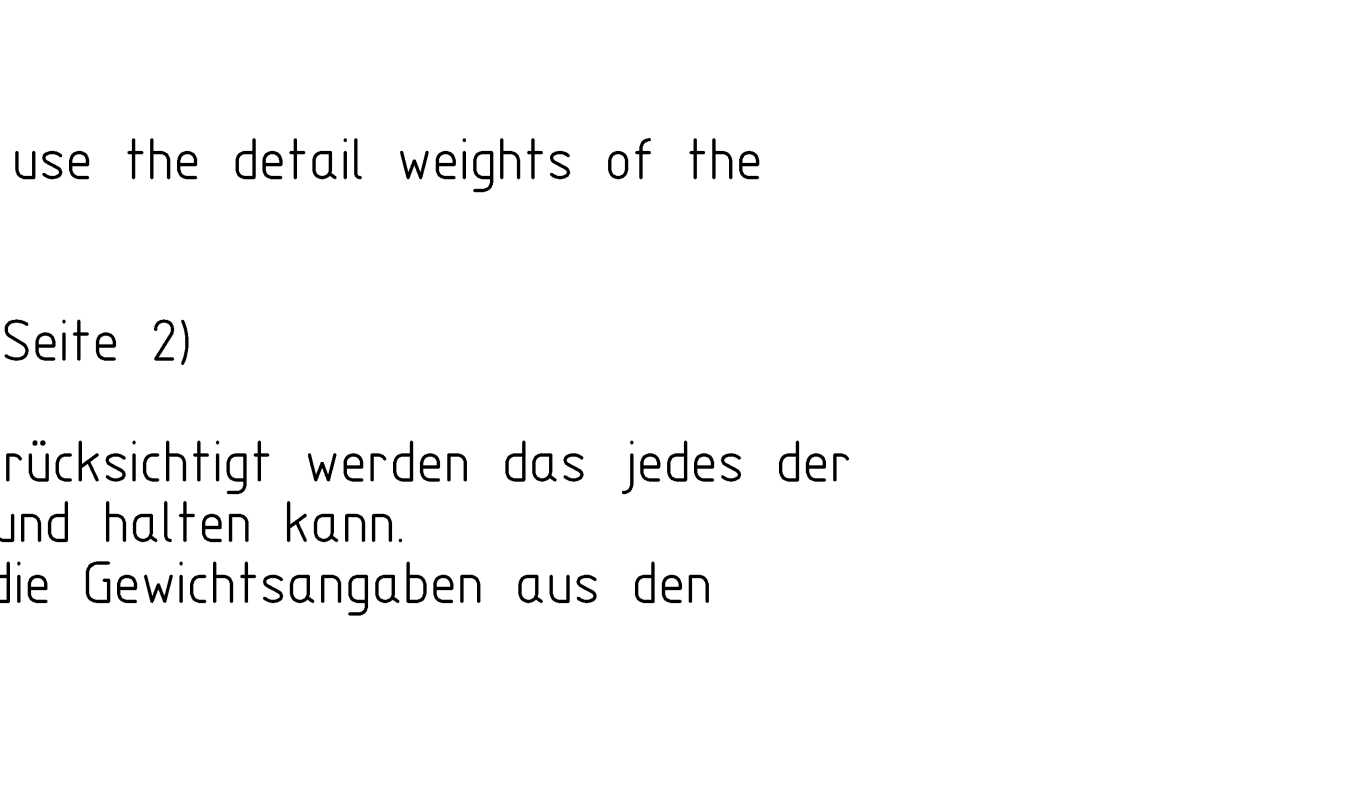
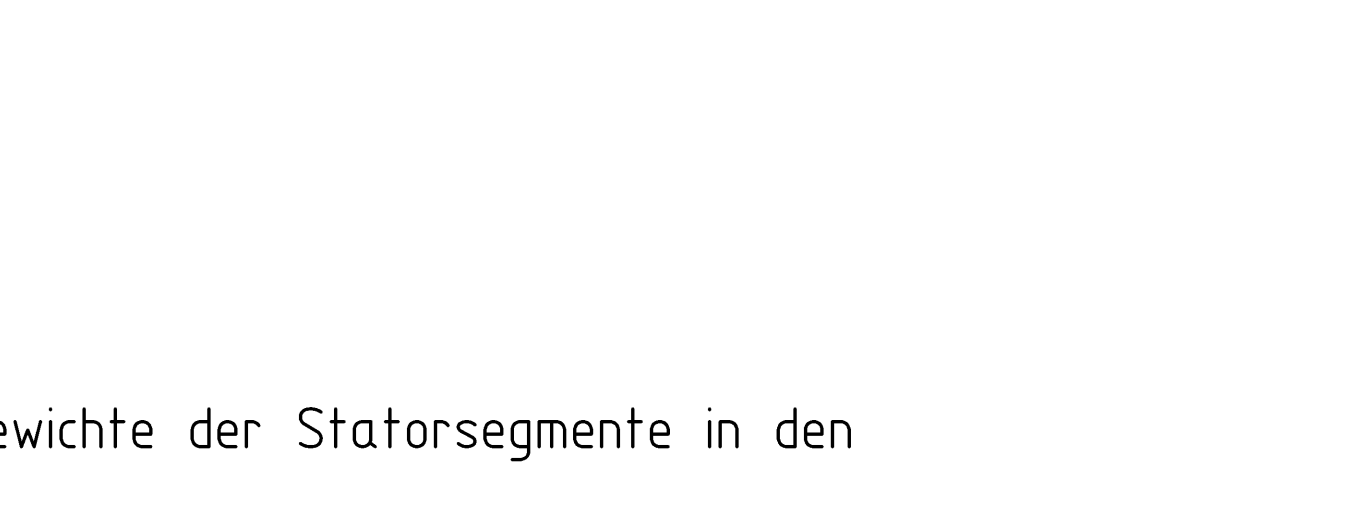
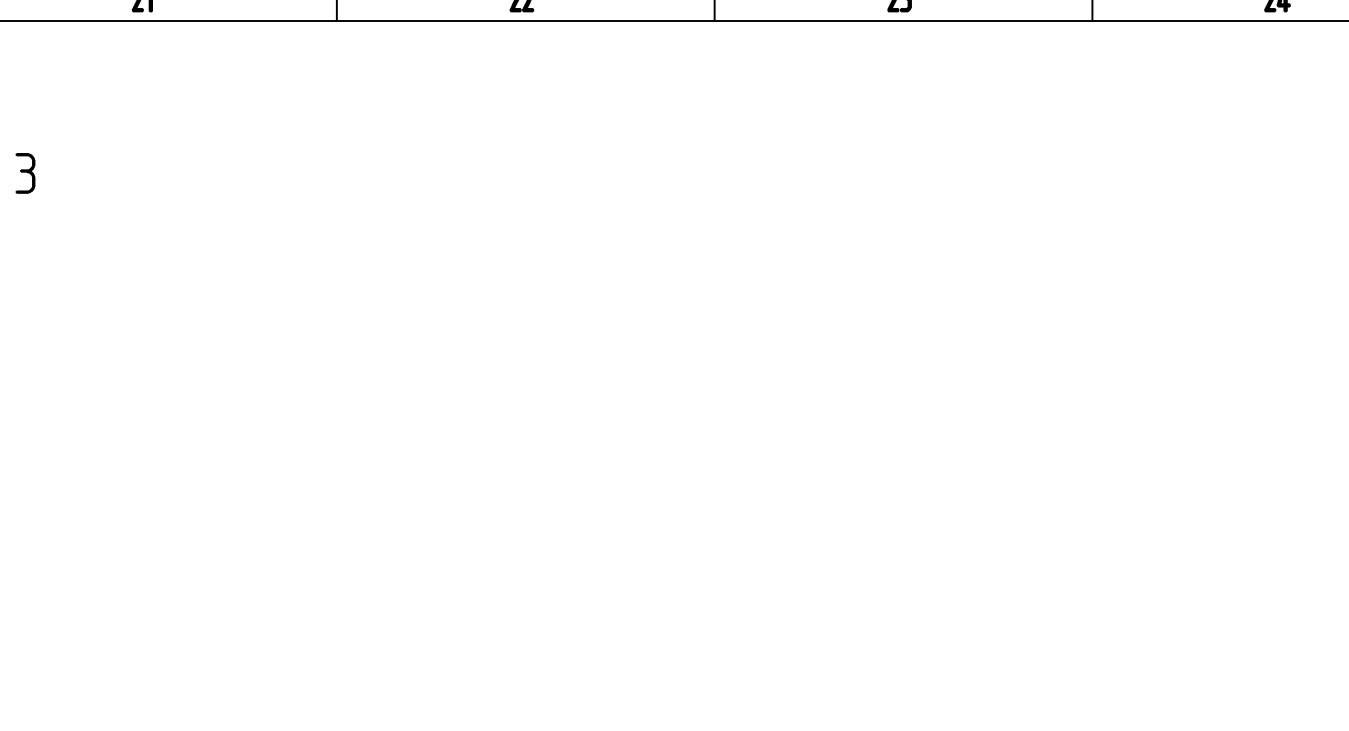
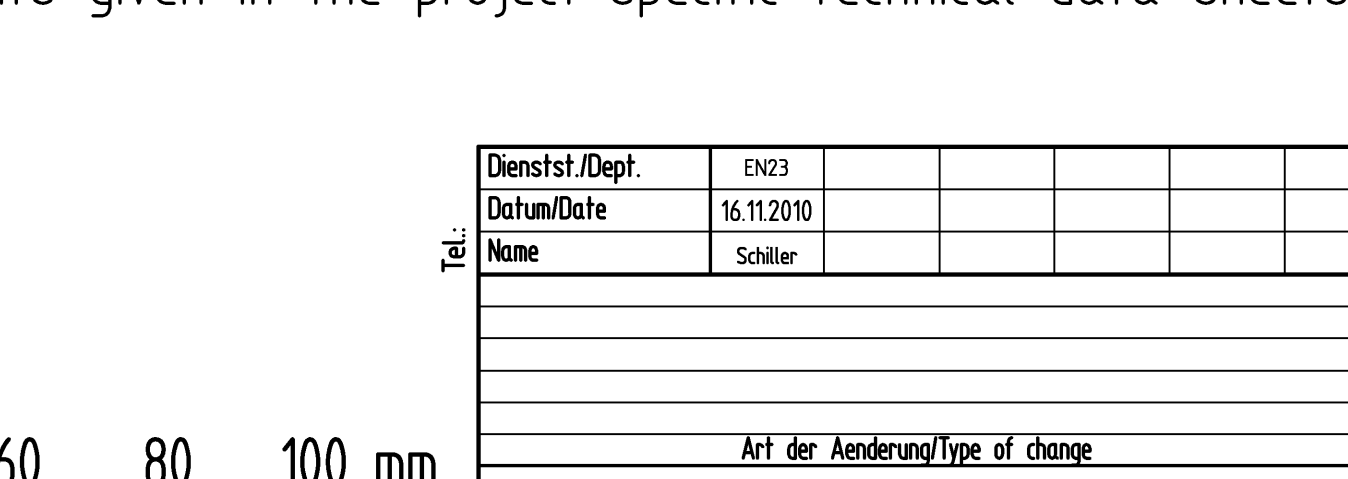
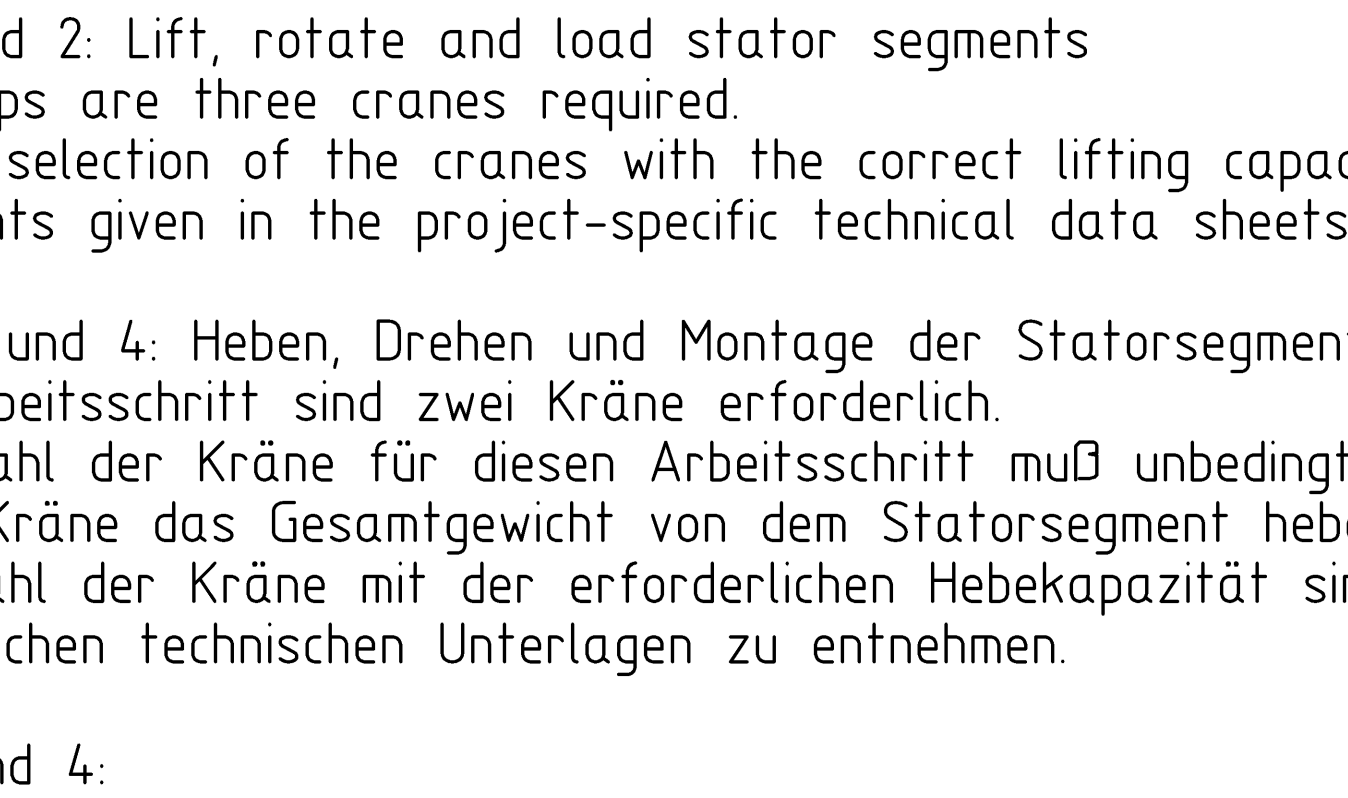
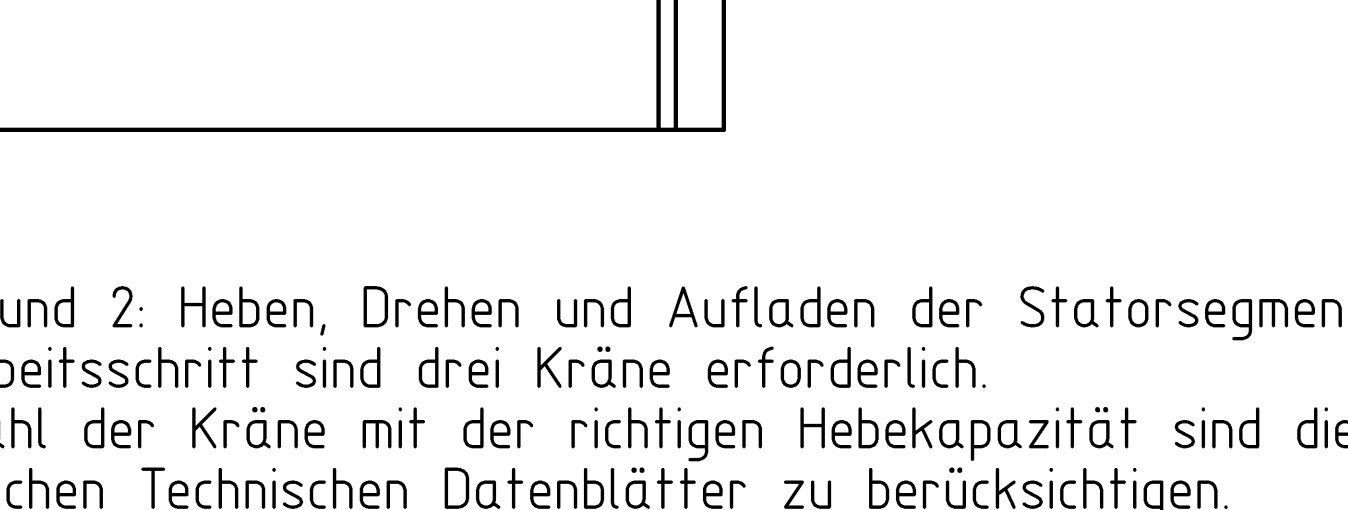
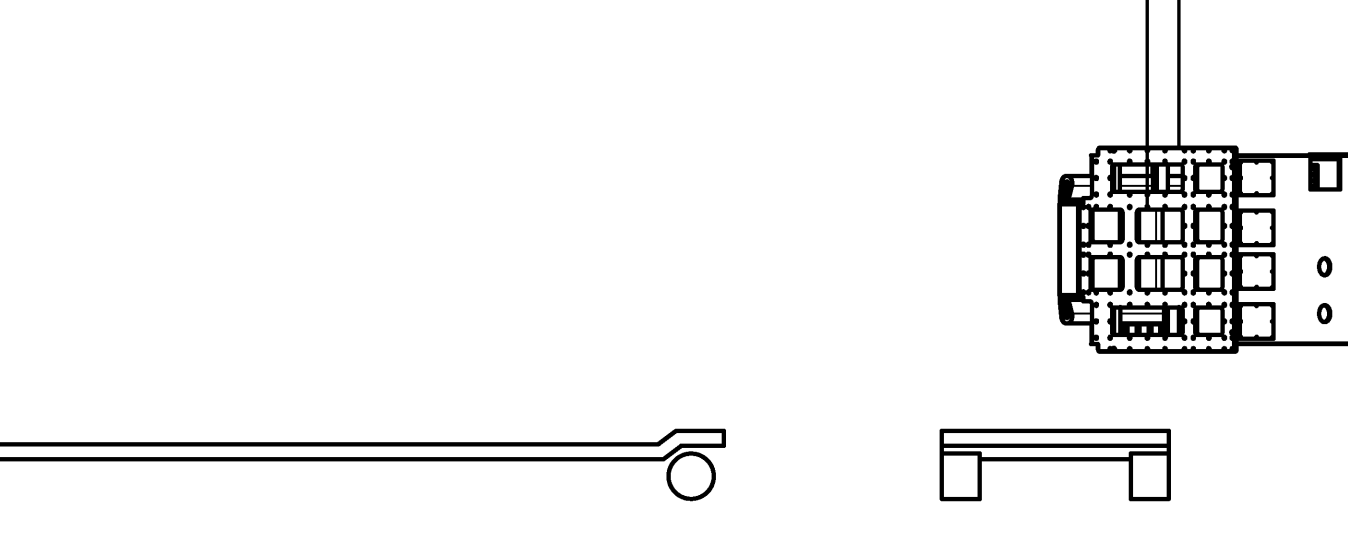
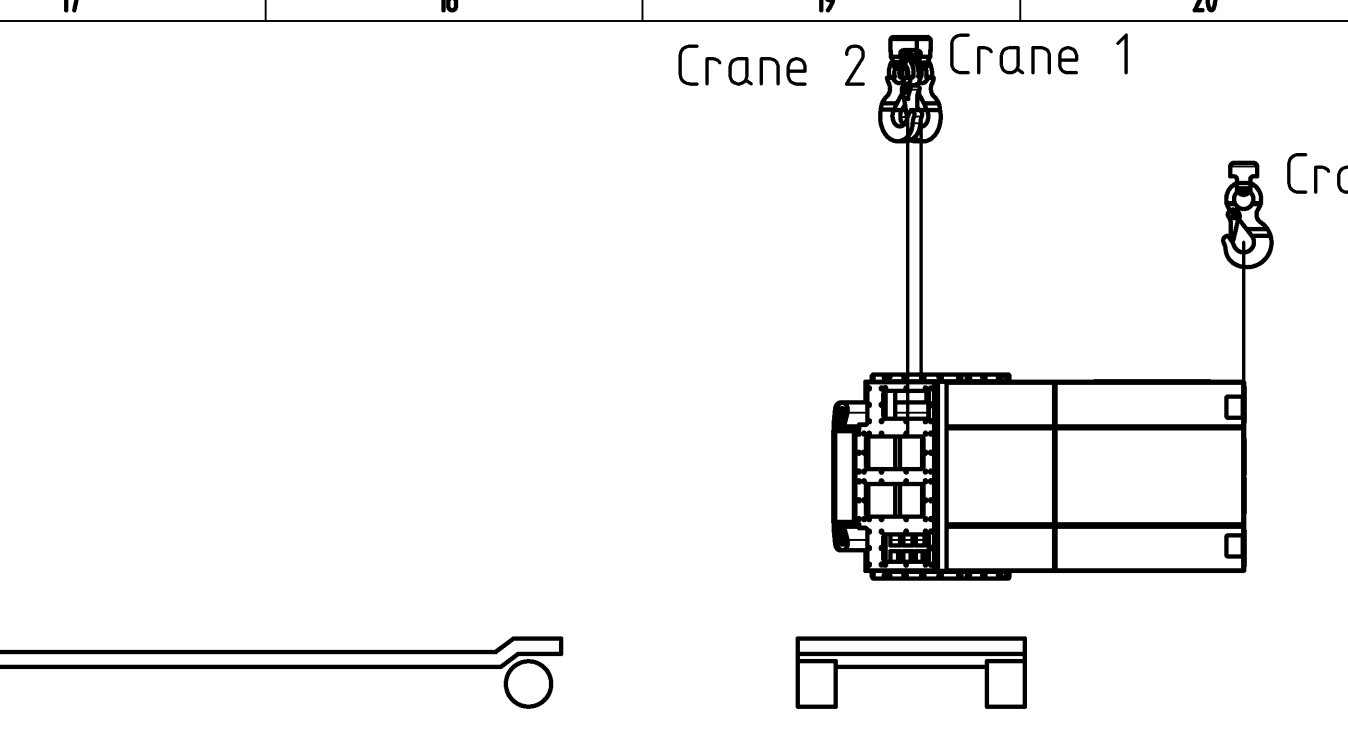
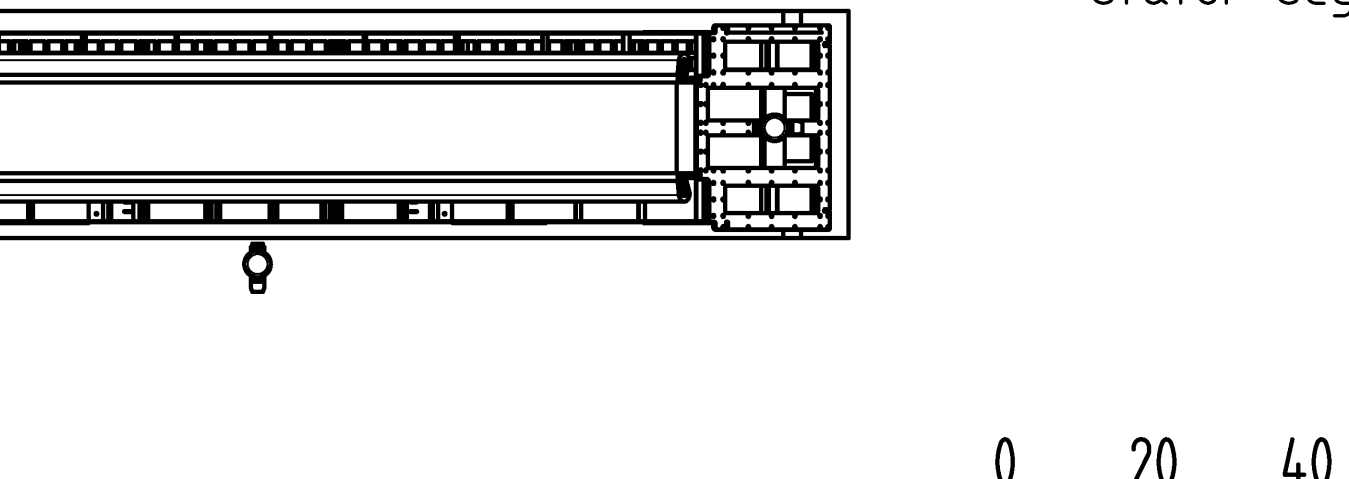
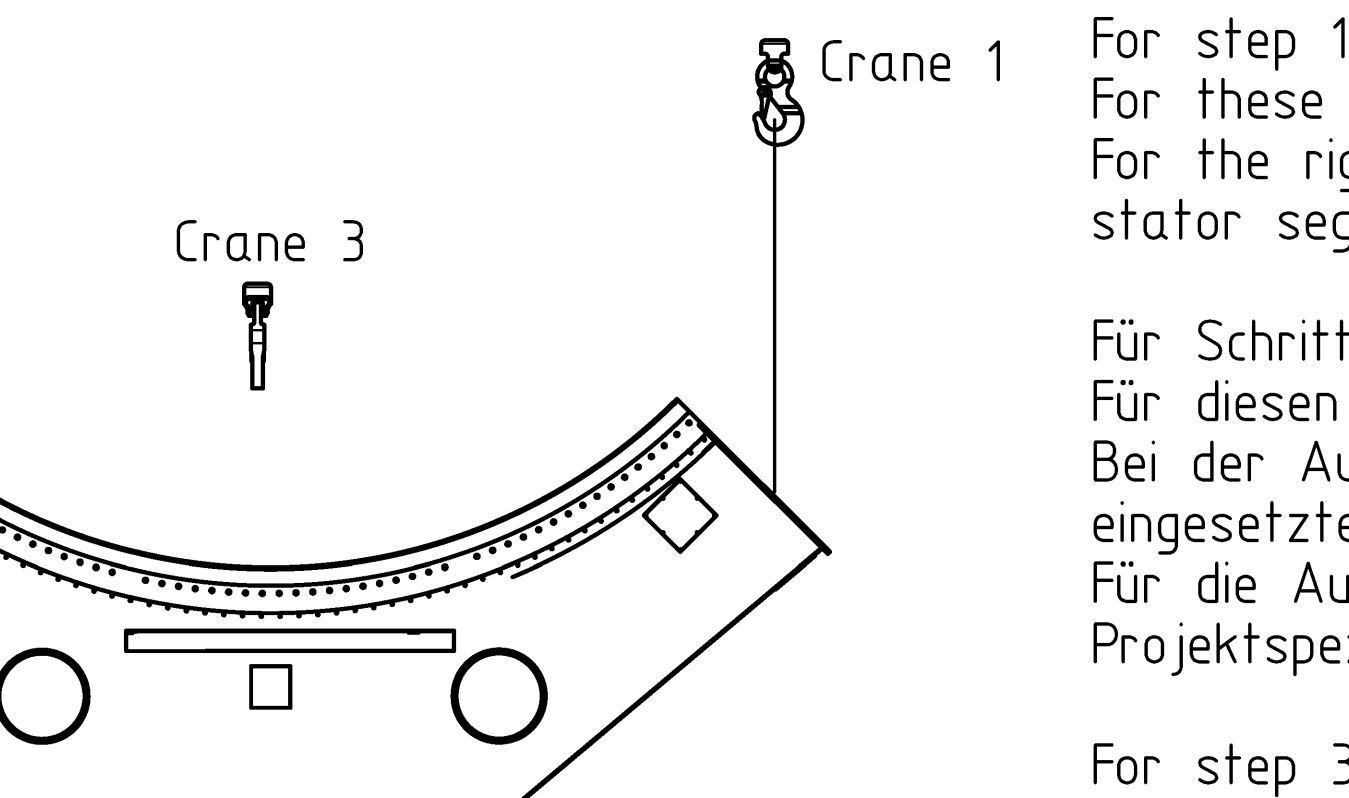
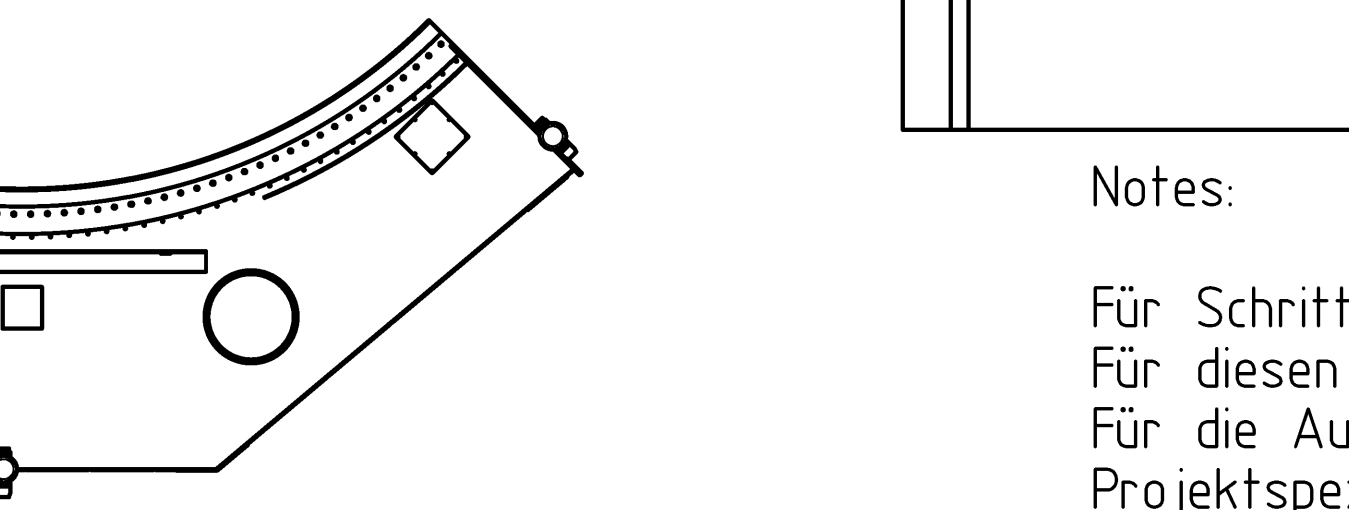
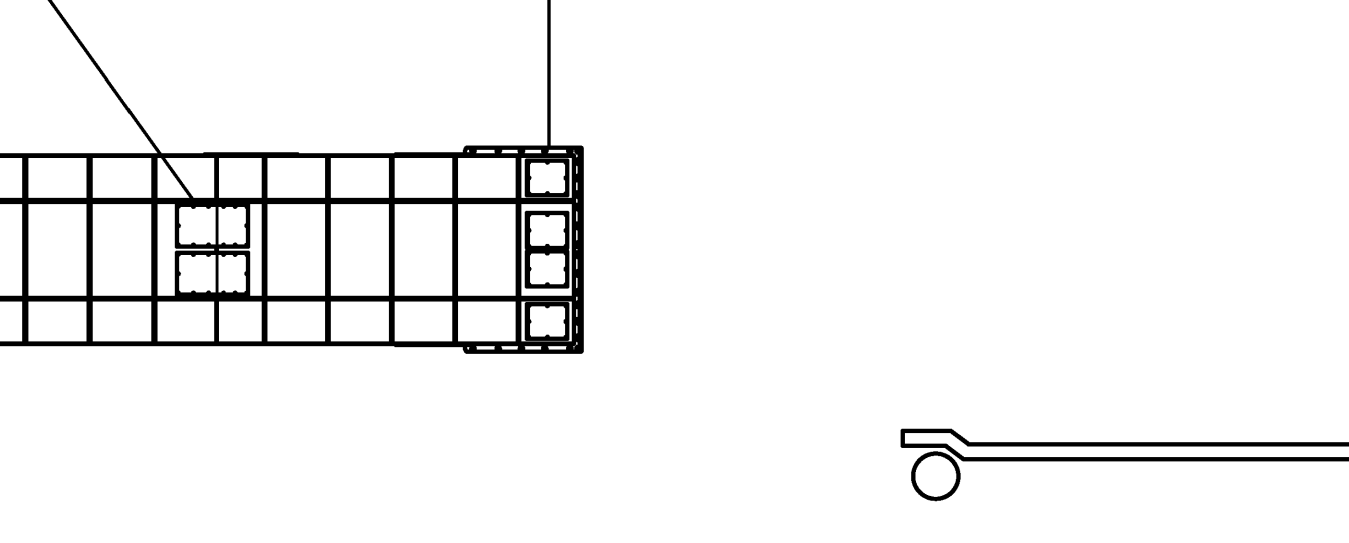
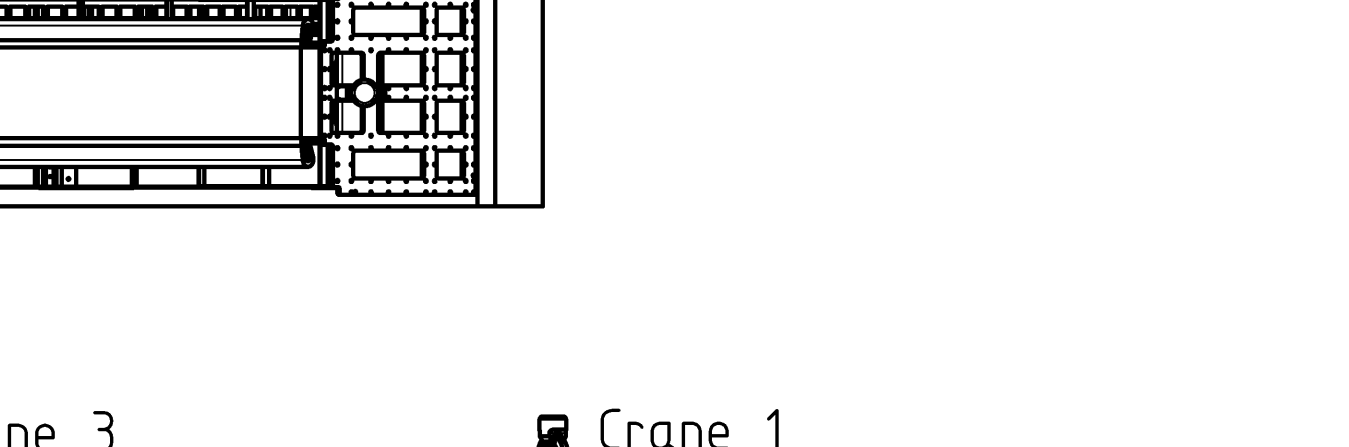
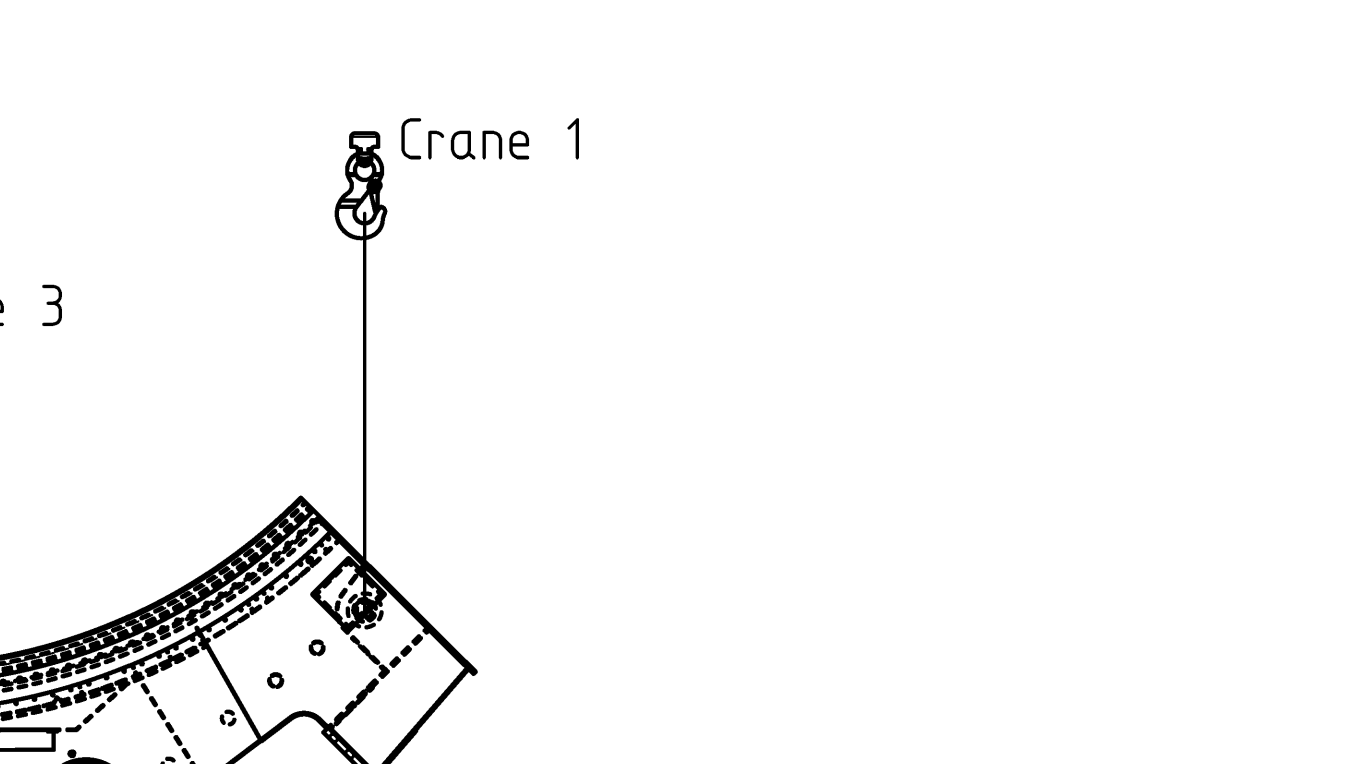
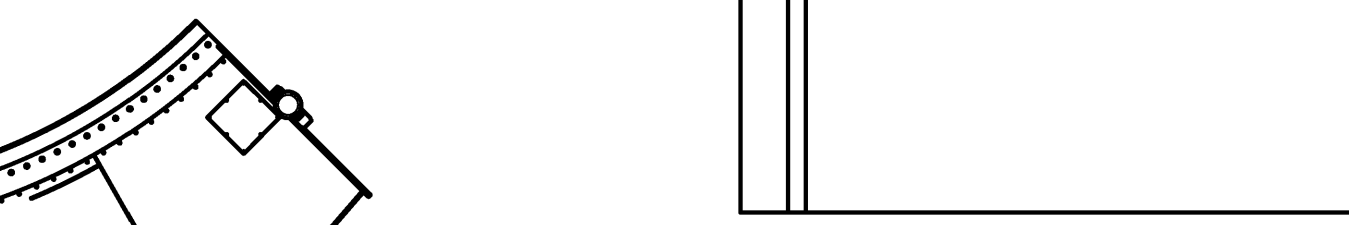
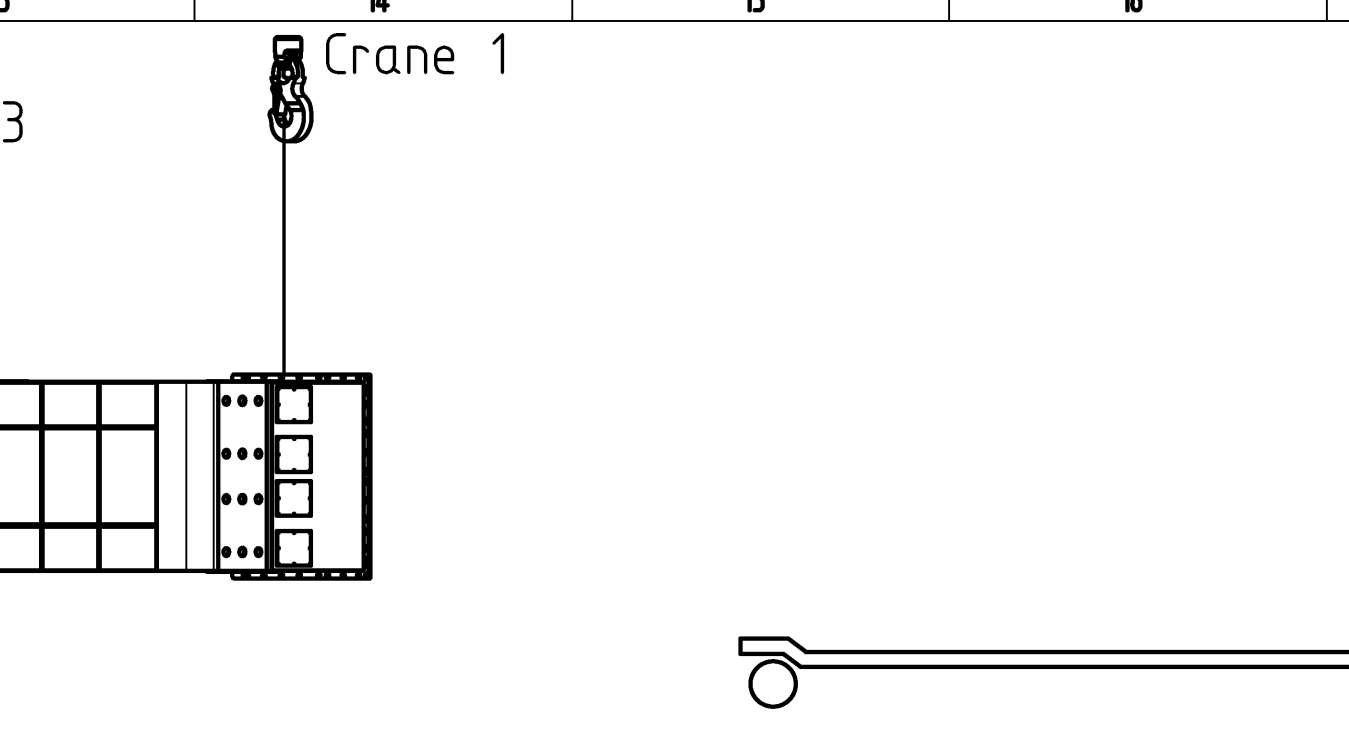
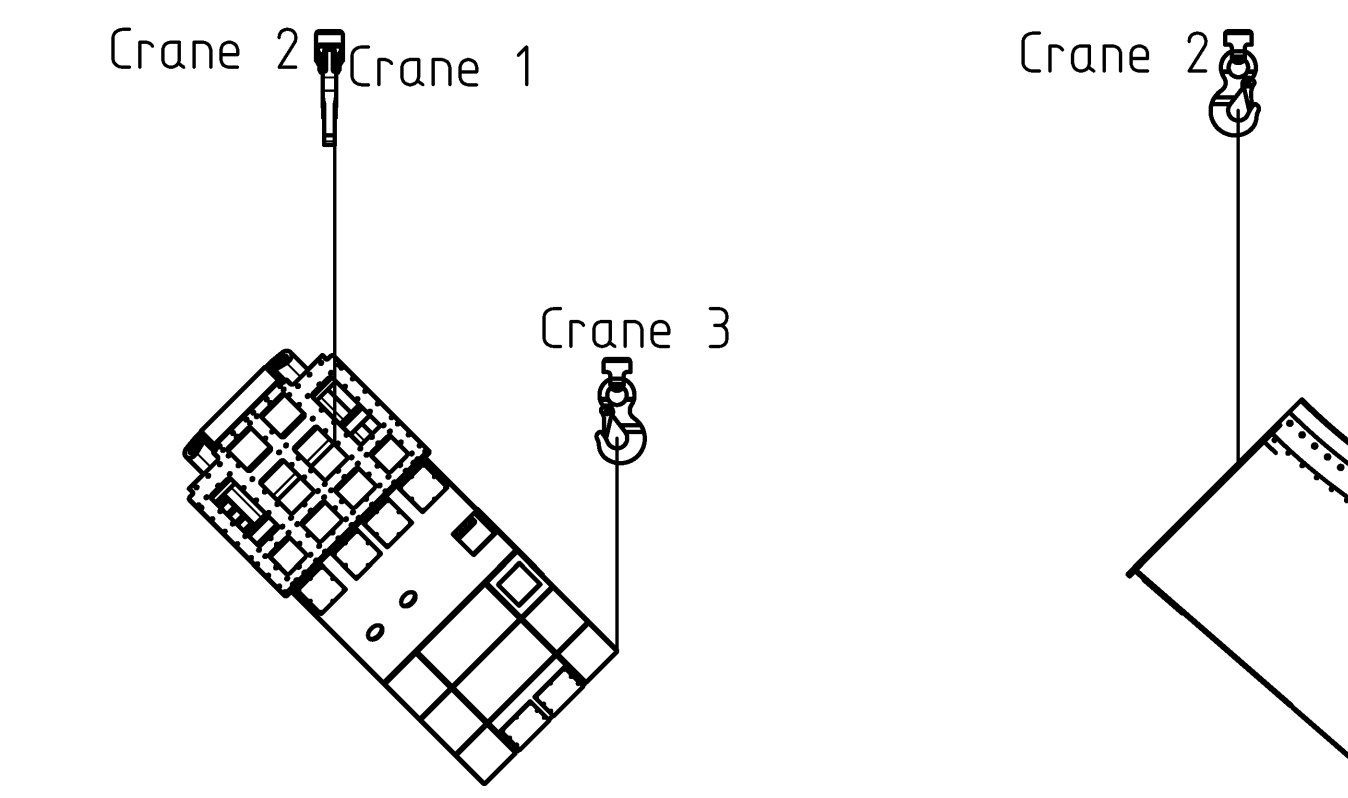
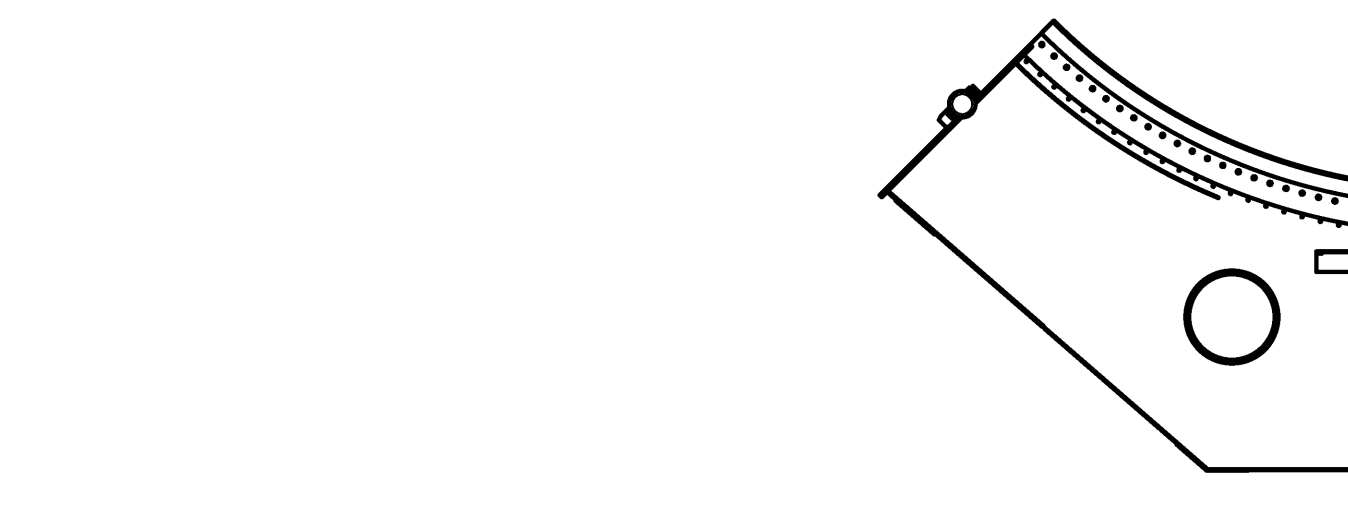
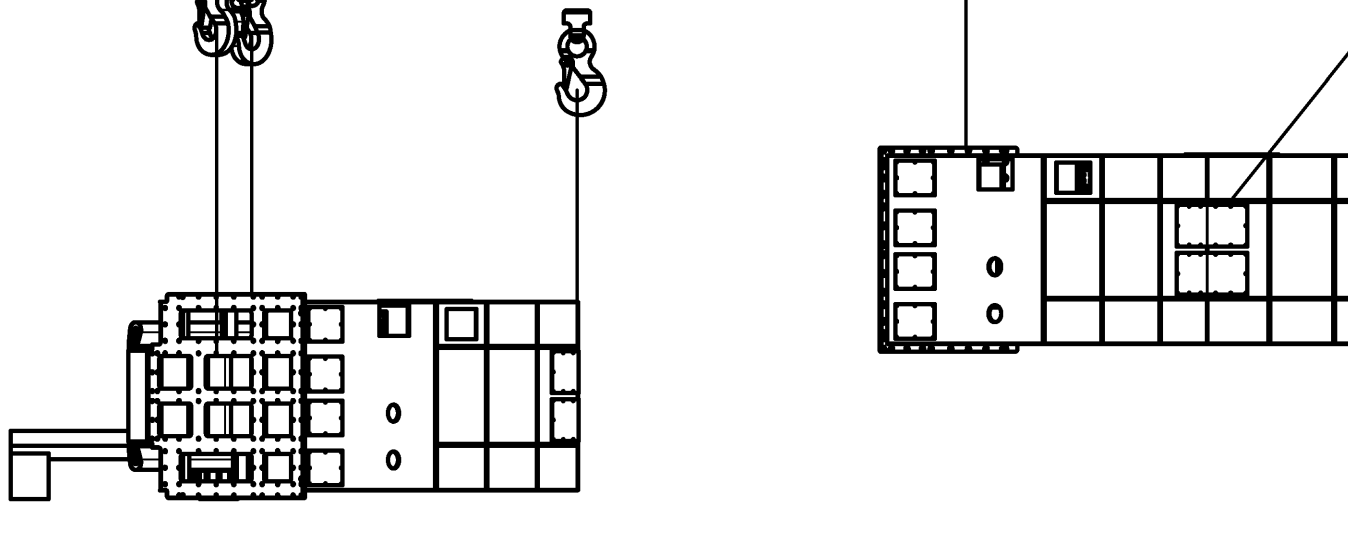
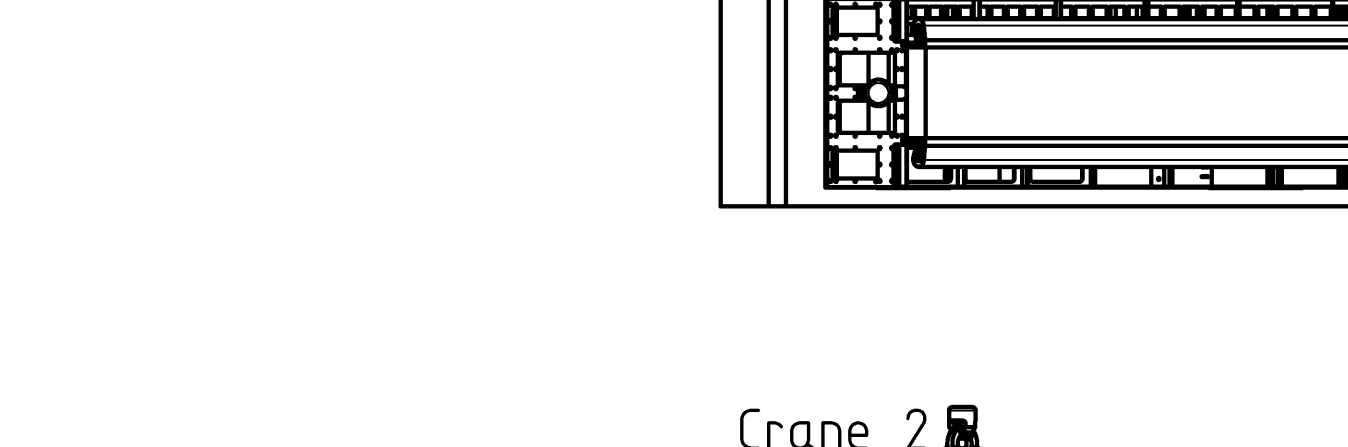
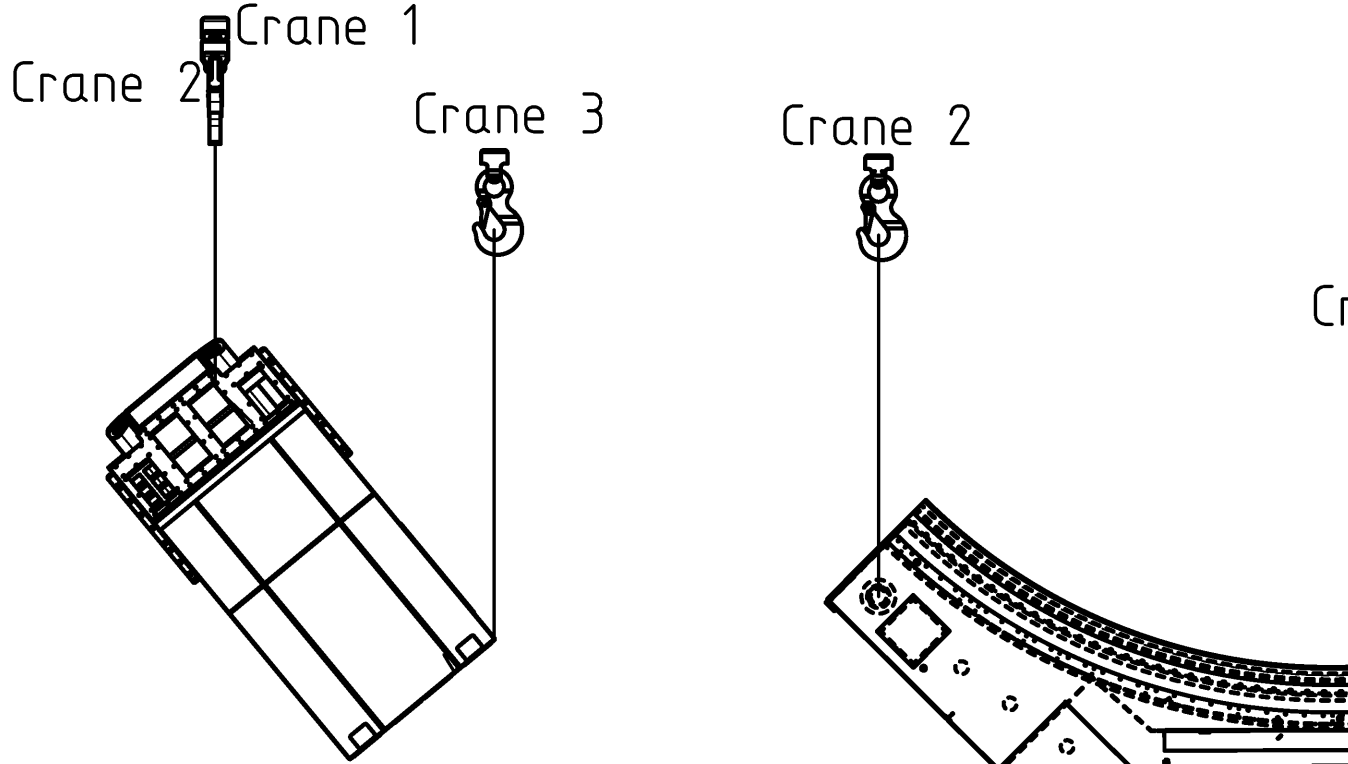
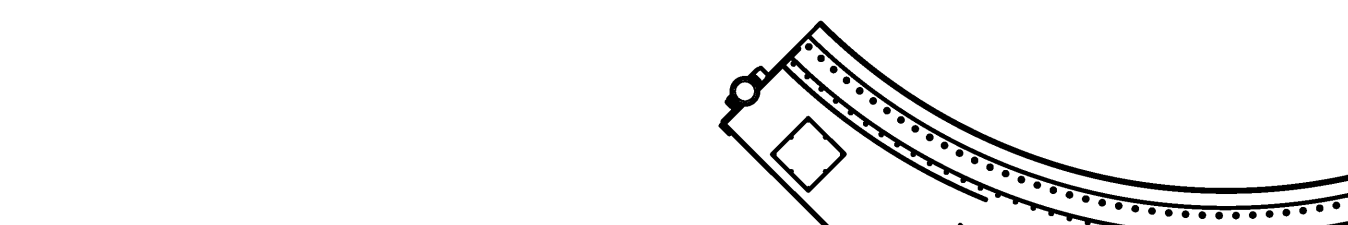
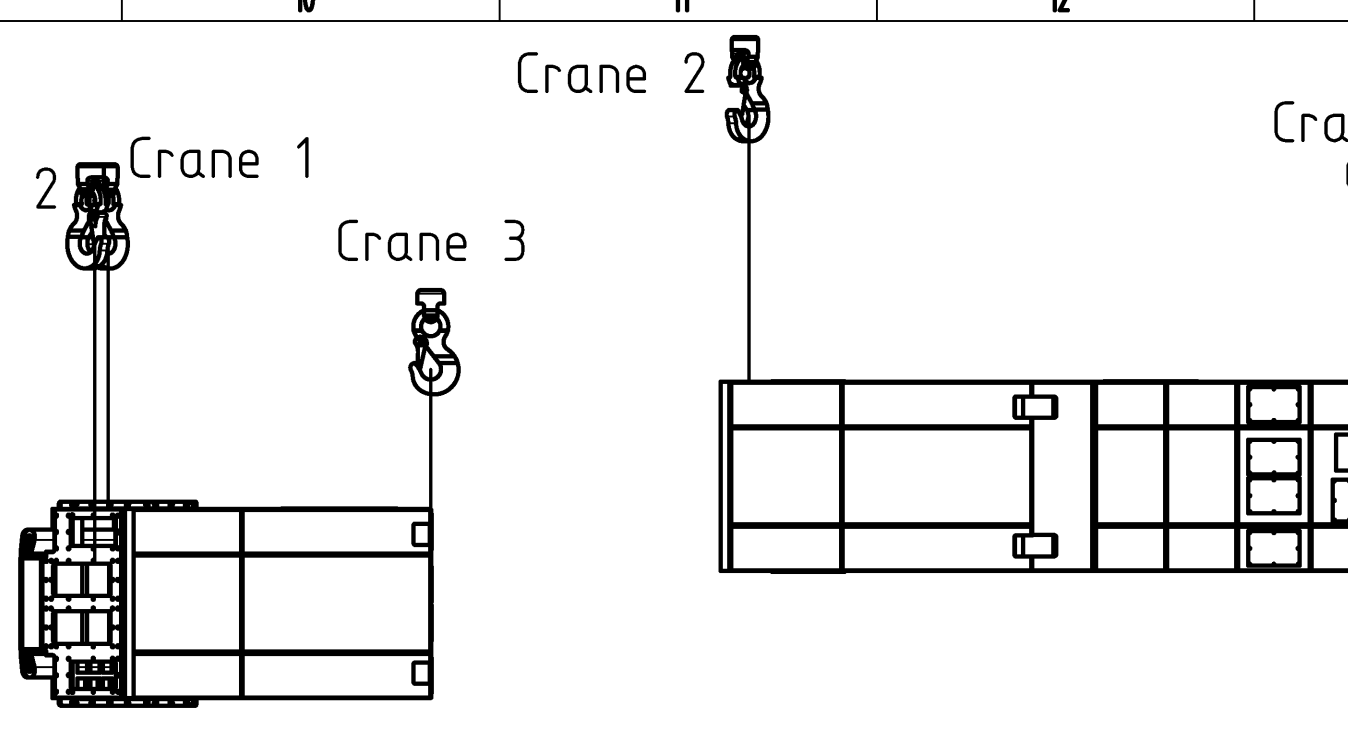
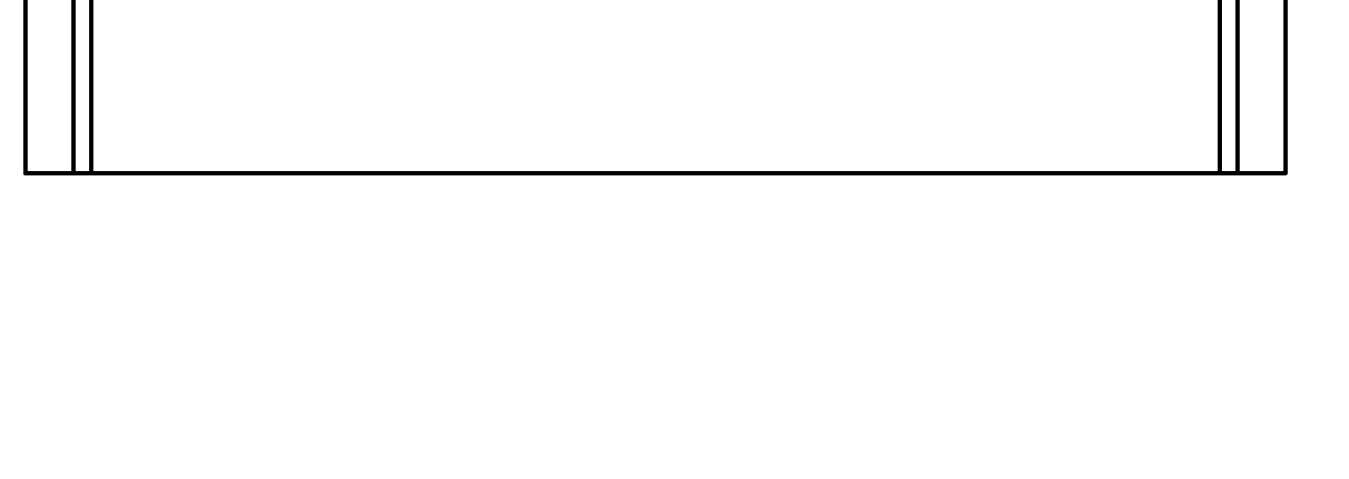
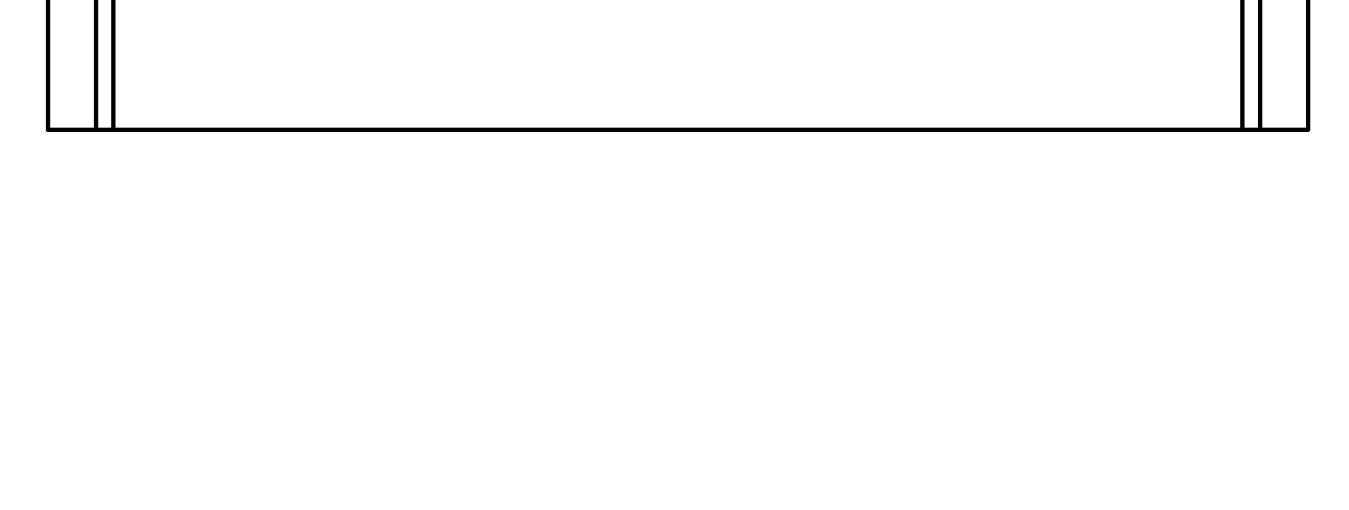
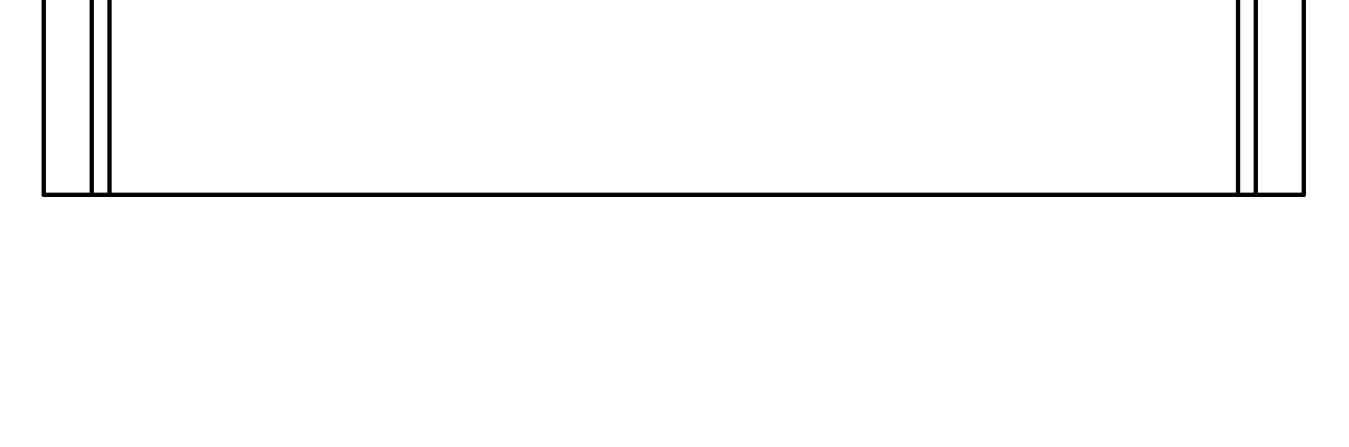
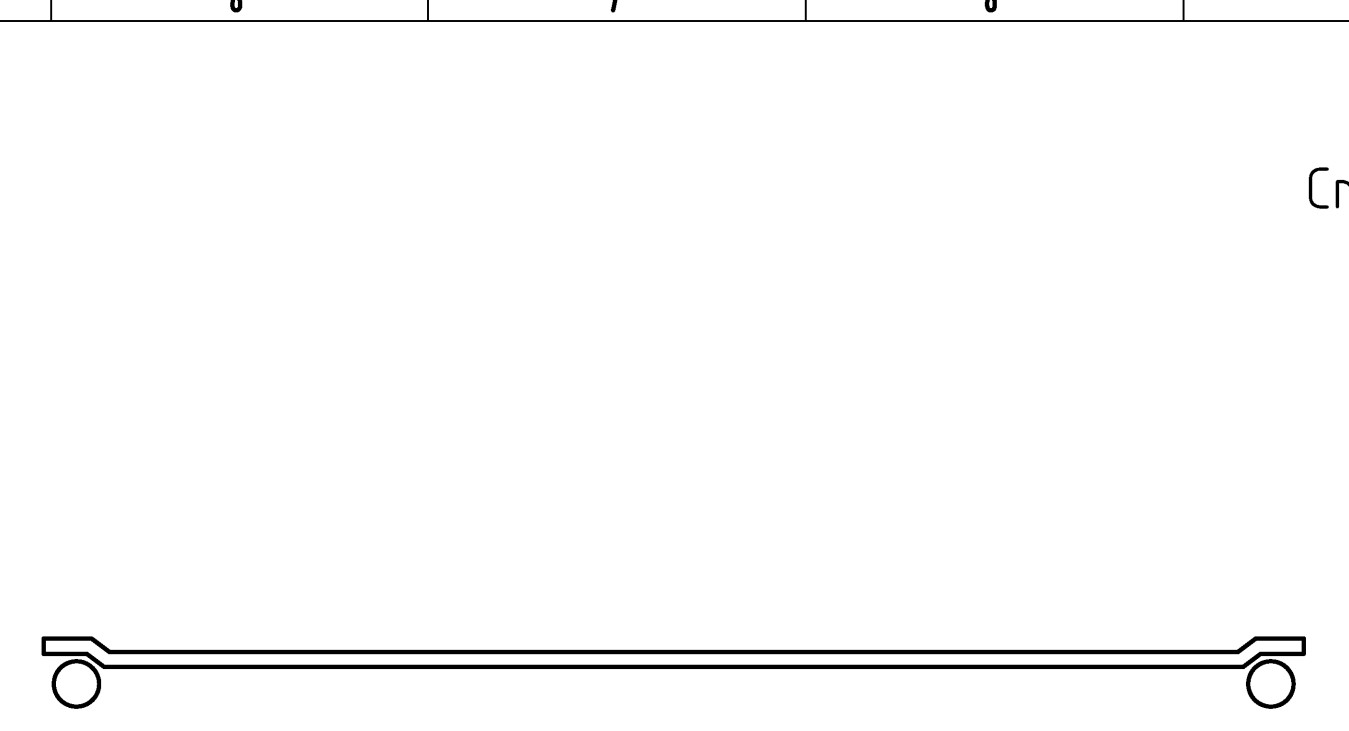
Step 1 Lift rotate the lower stator segments



Step 2 Lift rotate the upper stator segments



Proprietary data, company confidential. All rights reserved.
Alle Rechte vorbehalten.



Notes:

Für Schritt 1 und 2: Heben, Drehen und Aufladen der Statorsegmente
Für diesen Arbeitsschritt sind drei Kräne erforderlich.
Für die Auswahl der Kräne mit der richtigen Hebekapazität sind die Gewichte der Statorsegmente in den Projektspezifischen Technischen Datenblätter zu berücksichtigen.

For step 1 and 2: Lift, rotate and load stator segments
For these steps are three cranes required.
For the right selection of the cranes with the correct lifting capacity use the detail weights of the stator segments given in the project-specific technical data sheets.

Für Schritt 3 und 4: Heben, Drehen und Montage der Statorsegmente (Seite 2)
Für diesen Arbeitsschritt sind zwei Kräne erforderlich.
Bei der Auswahl der Kräne für diesen Arbeitsschritt muß unbedingt berücksichtigt werden das jedes der eingesetzten Kräne das Gesamtgewicht von dem Statorsegment heben und halten kann.
Für die Auswahl der Kräne mit der erforderlichen Hebekapazität sind die Gewichtsangaben aus den Projektspezifischen technischen Unterlagen zu entnehmen.

For step 3 and 4:
For these steps are two cranes required.
For the selection of the cranes for these steps must be considered that each crane can handle the total weight of the stator segment.
For right selection of the cranes with the correct lifting capacity use the detail weights of the stator segments given in the project-specific technical data sheets.

0 20 40 60 80 100 mm

Dienst/Dept	EN2	Darstellung	Tel. ISO 9001 ISO 9004-42	DN 8936-1	Maßstab	Scale	Gew.	kg
Datum/Date	16.11.2010	Representation	ISO 7248-mid-40.1	DN 8901-14.0			Wt.	
Name	Schüler		ISO 5790-58	(H) Uniformierung				
			ISO 8802-11.2					
			Datum	15.11.10				
			Name	Beckmann				
			DT LD EN23	Bn M2				
			Art der Änderung/Type of change					
			Stat. Mitteilung/Notice	Datum/Date	None			
			Ersatz Fußflächensort für					
			Einheiten aus/Original from					
			SIEMENS AG					
			W-Nr.	X501XXXX				
			Kennwert	Code				
				RINGMOTOR				
				Montageangaben				
				Installation data				
				Type/Type	120			
				005.0140-627888				

ANEXO N°6: DATOS TÉCNICOS TRANSFORMADOR CICLOCONVERTIDOR

4.01 Potencia estipulada:

AT: 13 600 kVA ; BT: 6 800 + 6 800 kVA con arrefecimiento ONAN.

4.02 Definición de potencia :

De acuerdo con IEC 60076.

Potencia constante en todas las tomas.

El transformador puede funcionar continuamente a 5 %

De sobreexcitación.

4.03 Relación nominal de transformación:

33 000 V $\pm$ 5 %, in $\pm$ 4 tomas / 2x2 400 V

4.04 Voltajes y intensidad

Arrollamiento	Voltage (V)	Intensidad (A)
Position 1	34 650	227
AT Position 3	33 000	238
Position 5	31 350	250
BT	2 400	1636

4.05 Grupo de conexión:

Dd0y5

4.06 Tensión de cortocircuito en % a 75°C:

Potencia (MVA)	Arrollamiento kV	Posición	Tensión de cortocircuito(%)
13.6	33/2.4	3	12

4.07 Duración máxima de cortocircuito:

2 s

4.08 Nivel de aislamiento:

Arrollamiento	U _m rms (kV)	AC rms (kV)	LI (peak) (kV)
AT	36	70	200
BT1 y BT2	12	28	75

4.09 Capacidad de carga del neutro:

No aplicable.

4.10 Perdidas en vacio:

9 500 W

4.11 Perdidas en carga at 75°C:

Potencia (MVA)	Arrollamiento kV	Posición	Perdidas en carga(W)
13.6	33/2.4	3	70 500

XSTRATA - PROYECTO ANTAPACCAY

4.12 Perdas totales a 13.6 MVA:
80 000 W

4.13 Frecuencia nominal:
60 Hz

4.14 Ajuste del vacio del transformador :

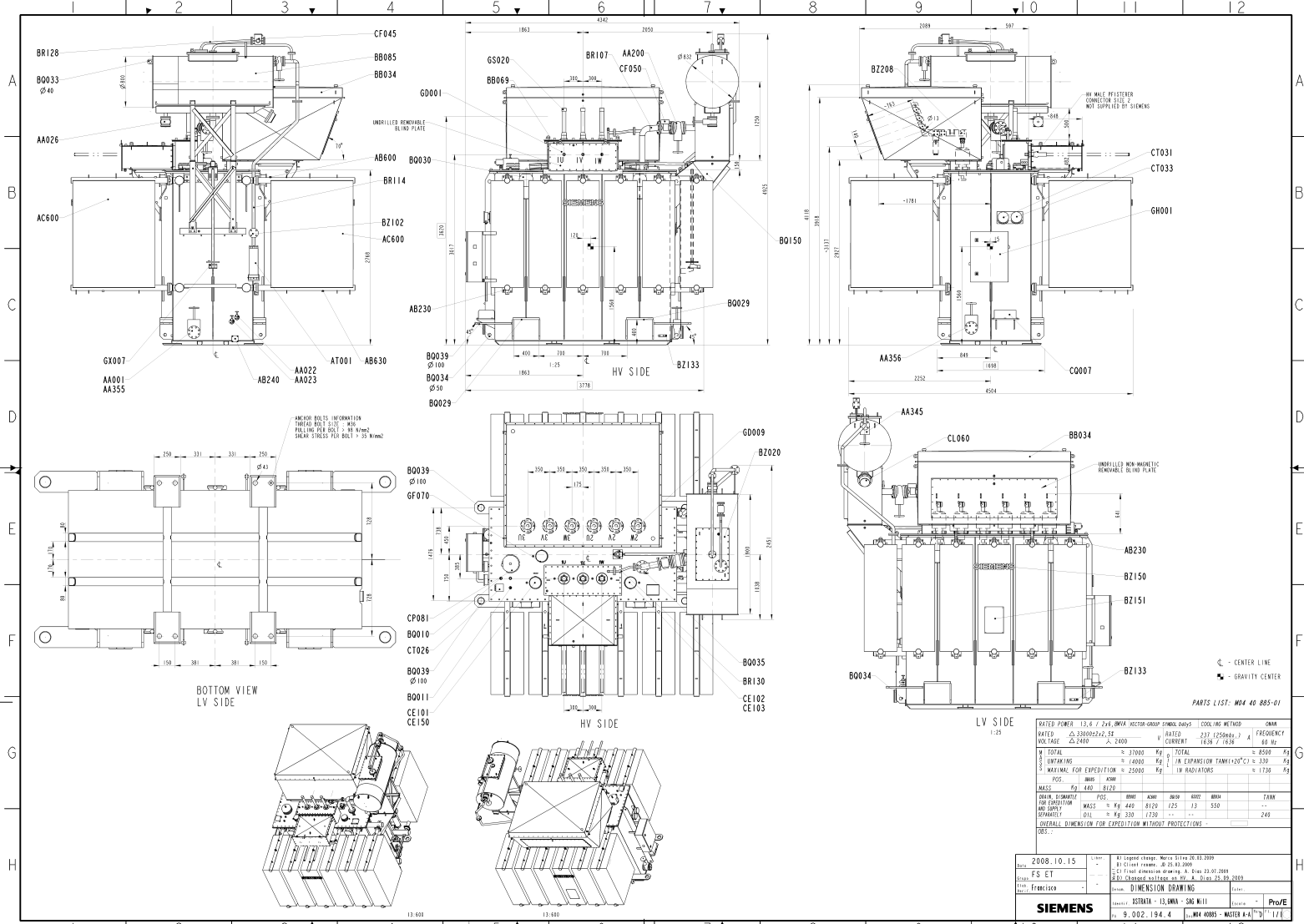
Efectuada con cambiador de tomas en vacio para regulaci3n de tension en el lado AT.

4.15 Cambiador de tomas en vacio:
Fabricante: CAPT
Tipo: 020 MT505
Position range: +5 %, -5 %
Cantidad de tomas: +2, -2
Cantidad de posiciones: 5
Intensidad nominal: 120 A

4.16 Temperaturas:
Temperatura ambiente = max./min. 40°C/ -25°C
Temperatura de design = 20 °C
Elevaci3n de temperatura m3x. del aceite,
en la capa m3s caliente = 60 K
Elevaci3n de temperatura media en el cobre
de los arrollamientos determinada por el
incremento de resistencia: = 65 K

4.17 Pesos en kg
Peso Total 37 000 kg
Peso del aceite 8 500 kg

XSTRATA - PROYECTO ANTAPACCAY



ANEXO N°7: DATOS TÉCNICOS TRANSFORMADOR EXCITATRIZ

Características: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION TRIFÁSICO SUMERGIDO EN ACEITE

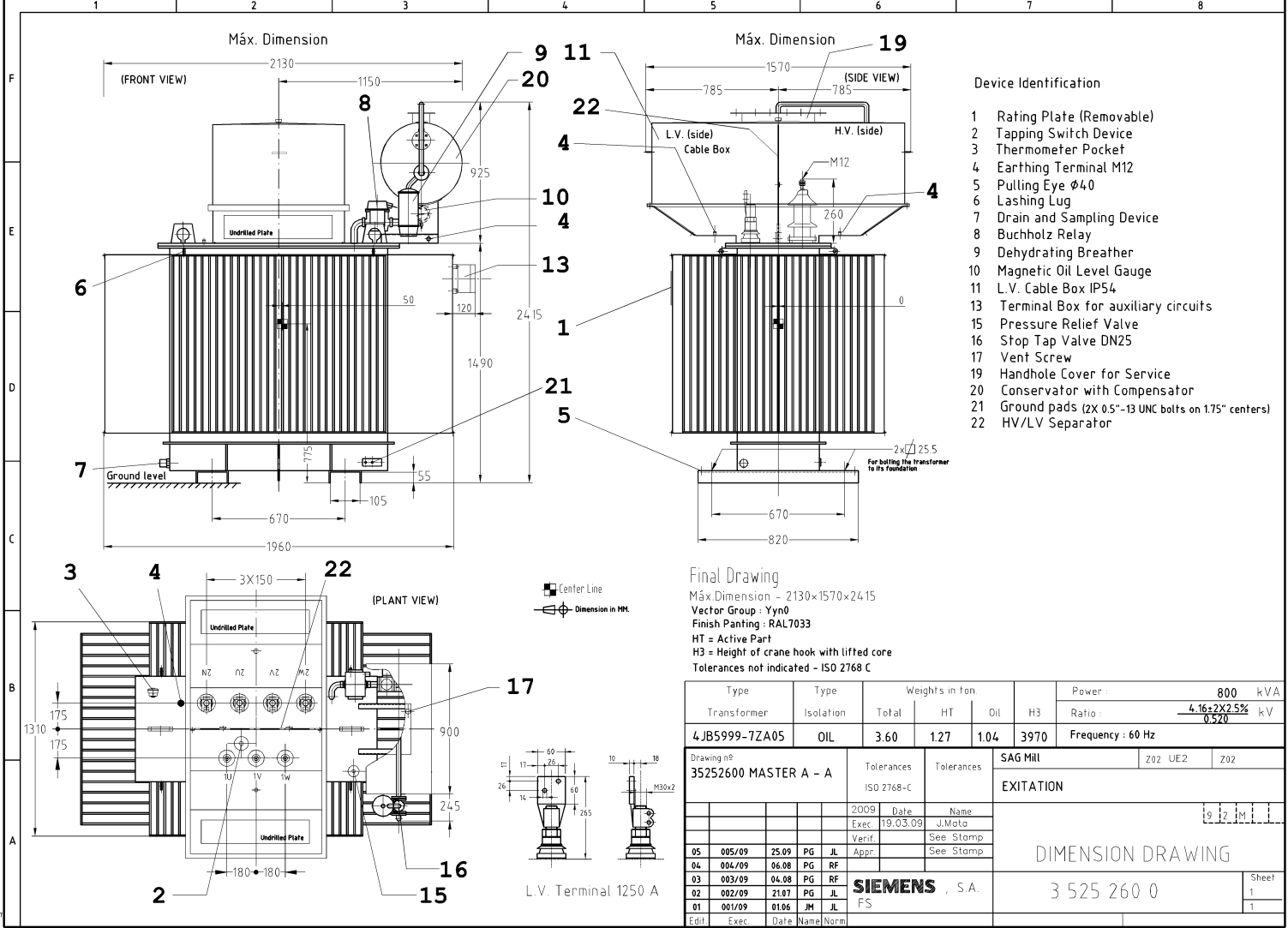
MODELO		4JB5999-7ZA05
NORMA		CEI 60076
MONTAGE		EXTERIOR
ALTITUD DE MONTAGE	m	< 4.200
TEMPERATURA AMBIENTE	C	40
SOBRETEMP. MÉDIA ARROLL.	K	55
SOBRETEMP. MÁXIMA ACEITE	K	50
FRECUÊNCIA	Hz	60
FUNCIONAMIENTO		CONTINUO
TIPO DE REFRIGERACION		ONAN
DIELÉCTRICO AISLANTE		Aceite mineral Nynas Nytro 10XN
CLASSE PROTECCION		IP54
POTÊNCIA NOMINAL	kVA	800
GRUPO CONEXIONES		Yyn0
ALTA TENSION	kV	4,160
CONMUTACION AT	%	+2,5 +5 (VACIO)
NÍVEL DE AISLAMIENTO AT: AC	kV	7.2
NÍVEL DE AISLAMIENTO AT: LI	kV	60
BAJA TENSION (VACIO)	kV	0,520
NÍVEL DE AISLAMIENTO BT: AC	kV	1.1
NÍVEL DE AISLAMIENTO BT: LI	kV	20
PERDIDAS EN VACIO (P0)	W	980
PERDIDAS EN CARGA (PK)	W	10600
TENSION DE C.C. (Uk)	%	8
ESQUEMA PINTURA		RAL 7033
DIMENSIONES:	(APROX.)	mm:
LARGO	(A1)	2.130
ANCHO	(B1)	1.570
ALTO	(H1)	2.415
PESOS:	(APROX.)	Kg:
PESO TOTAL		3.600
PESO ACEITE		1.040

Equipos incluidos:

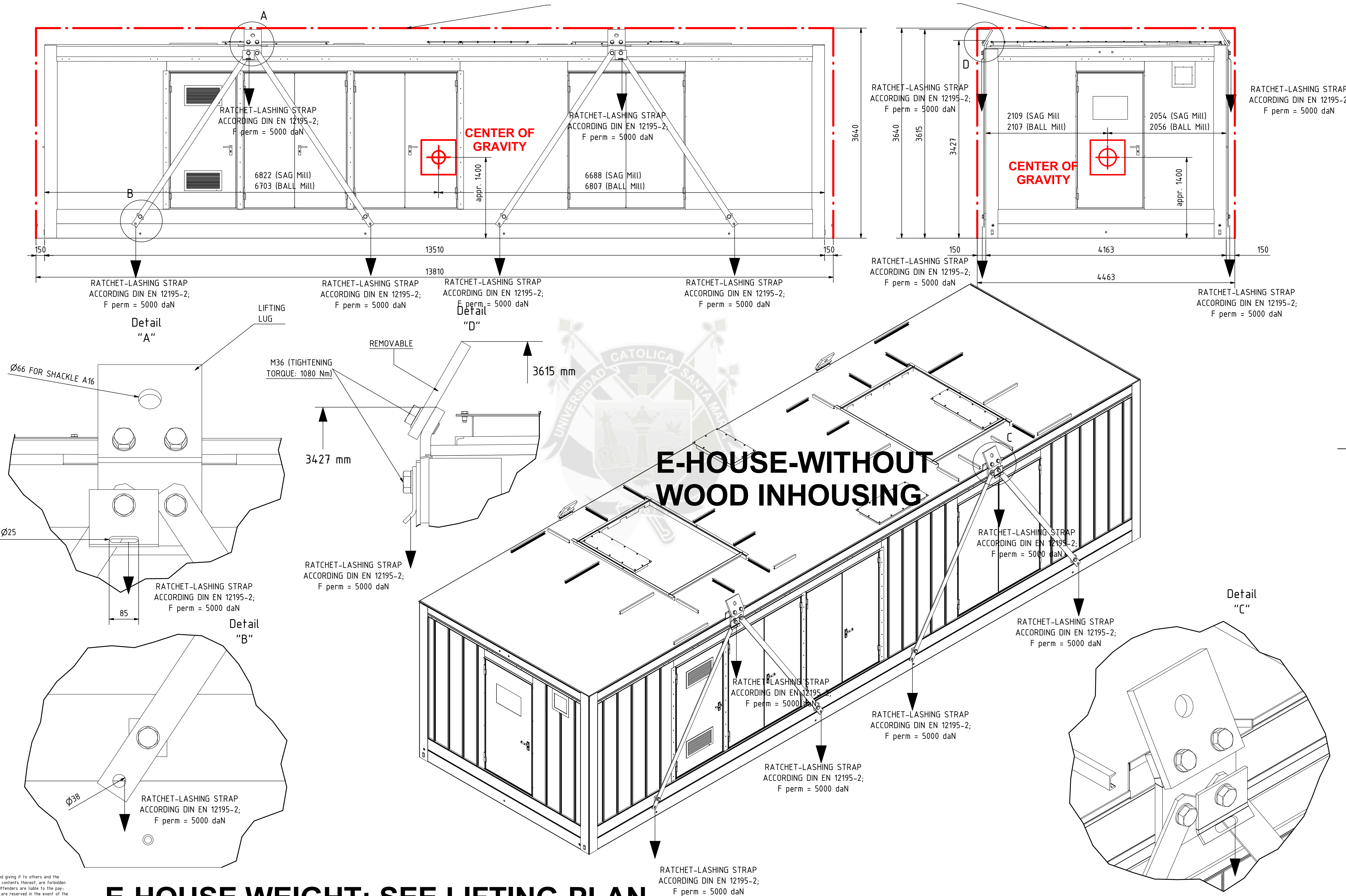
- 1 Buchholz con 2 contactos
- 1 Termómetro con 2 contactos
- 1 Indicador de nivel de aceite
- 1 conmutador de tomas en vacio
- 1 Exsicador

Asignatura: Ingeniería de Instalaciones
Curso: 1º de Ingeniería de Instalaciones
Módulo: Instalaciones de Energía Eléctrica
Tema: Dimensionado y diseño de equipos de potencia
Alumno: [Nombre del Alumno]
Fecha: [Fecha de entrega]

Mod. 2819-07-97
AUTOCAD



ANEXO N°8: E-HOUSE DIMENSIONES Y DISPOSICIÓN DE EQUIPOS



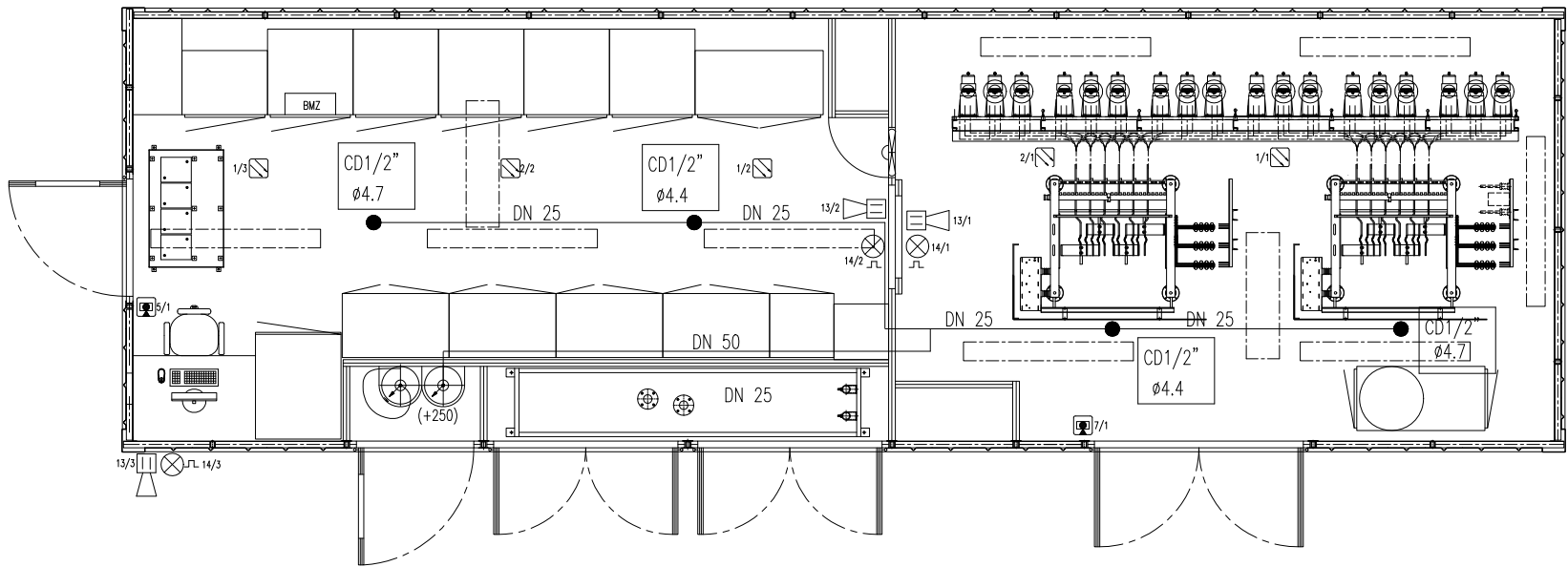
E-HOUSE WEIGHT: SEE LIFTING-PLAN

Copying of this document, and giving it to others and the use or communication of the contents thereof, are forbidden without express authority. Offenders are liable to the payment of damages. All rights are reserved in the event of the grant of a patent or registration of a utility model or design.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung.

Date: 11.01.2011		Project: Transportabmessungen		FEAG		Project Master		SAG and BALL Mill		A34207-W1028-B106	
Name: Schanfej		Transportabmessungen		Scale: 1:1		Page: 1-1		A1		A1	
Checked: Herzog		TRANSPORT DIMENSIONS		Title: A34207-W1028-B106		Date: 11.01.2011		Author: Schanfej		Project: Transportabmessungen	
Date: 11.01.2011		Name: Schanfej		Title: A34207-W1028-B106		Date: 11.01.2011		Author: Schanfej		Project: Transportabmessungen	
Date: 11.01.2011		Name: Schanfej		Title: A34207-W1028-B106		Date: 11.01.2011		Author: Schanfej		Project: Transportabmessungen	

Ansicht Deckenplan
CEILING PLAN VIEW
Vista plano del Cuarto

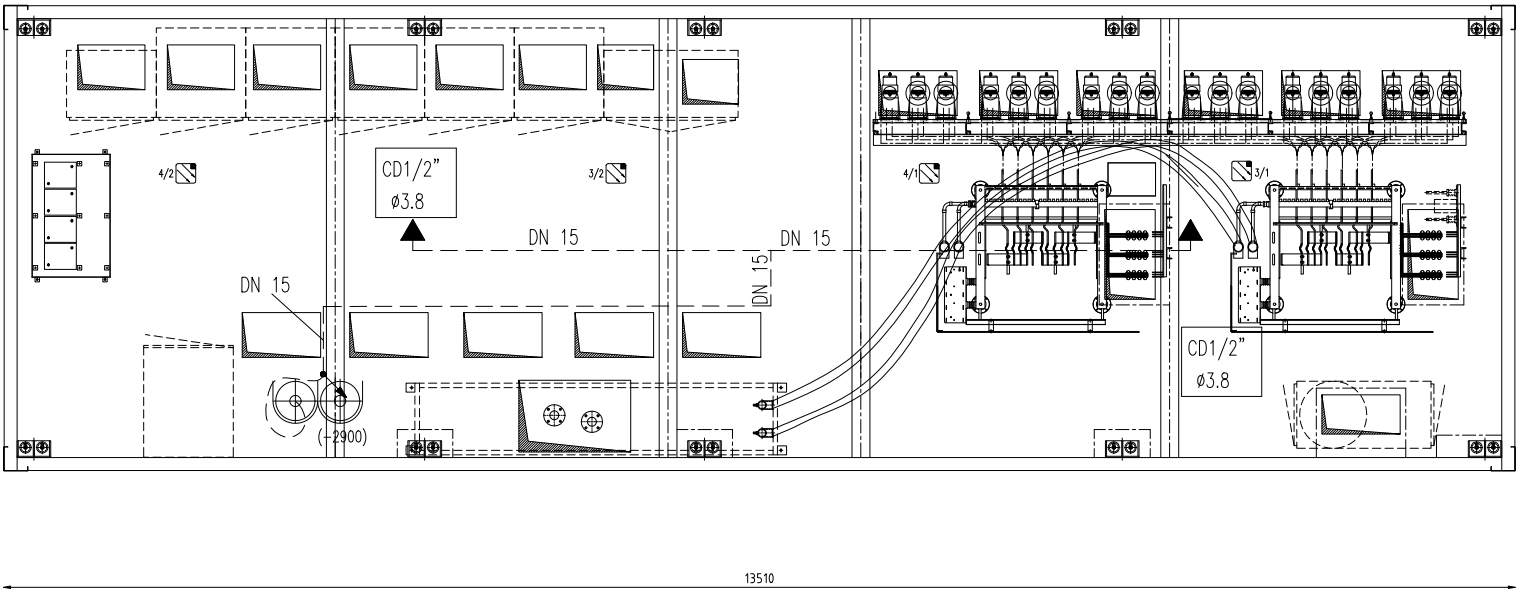


SELLER DOCUMENT REVIEW	
Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.	
1 Work may proceed	3 Review & Resubmit. Work may NOT proceed
2 Review & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes.	4 Review not required. Work may proceed
Document Status: 1	5 Cancelled / Suspended
Reviewer Name: APC	Date: 1/19/2012
Discipline: EE - Electrical	Doc Type Code: V1A
Job #: 25580-220	VP #: 25580-220-V1A-EV00-00023
Sub #: 003	Equip #: 0310-MLS-0001-ERR
Program #: P-10008795	
Job #:	VP #:
SEQ #:	Equip #:

Legende / LEGEND / Leyenda

- ▲ ● Düse RD
Nozzle RD
Boquilla RD
- ☐ ☐ Optischer Rauchmelder OMX
Optical SMOKE DETECTORS
Detector de humo óptico OMX Cuarto
- ☐ ☐ Optical smoke detector OMX bottom
Optischer-Rauchmelder OMX Boden
Detector de humo óptico OMX Fondo
- ☐ ☐ Druckknopfmelder - Handauslösung
MANUAL RELEASE BREAK GLASS
mano Liberación
- ☐ ☐ Hupe
SIGNAL HORN
Bocina 24VDC
- ☐ ☐ Blitzleuchte
Flash alarm
Bombilla para flash V4 24VDC

Ansicht Zwischenbodenplan
SUBFLOOR PLAN VIEW
Vista plano del Fondo



4163

13510

ALL DIMENSIONS AND TOLERANCES ARE SHOWN IN THE METRIC SYSTEM.

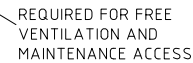
Antapaccay SAG MILL 24 MW	IIS MT MI	xstrata CORP	Scale: 1/30	EQUIPMENT TAG No.: 0310-MLS-0001-ERR	Sheet No. 1 / 1
Rev. Remarks	Date	Name	SIEMENS AG FEAG NL St-Ingbert	Drawing No.: A34207-Z1001-A005 Master Doc.: A34207-W1028-MasterA-A005-A	Rev. D

Copying of this document, and giving it to others and the use or communication of the contents thereof, are forbidden without express authority. Offenders are liable to the payment of damages. All rights are reserved in the event of the grant of a patent or registration of a utility model or design.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patenterteilung oder OH-Eintragung.

Copying of this document, and giving it to others and the use or communication of the contents thereof, are forbidden without express authority. Offenders are liable to the payment of damages. All rights are reserved in the event of the grant of a patent or registration of a utility model or design.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung.



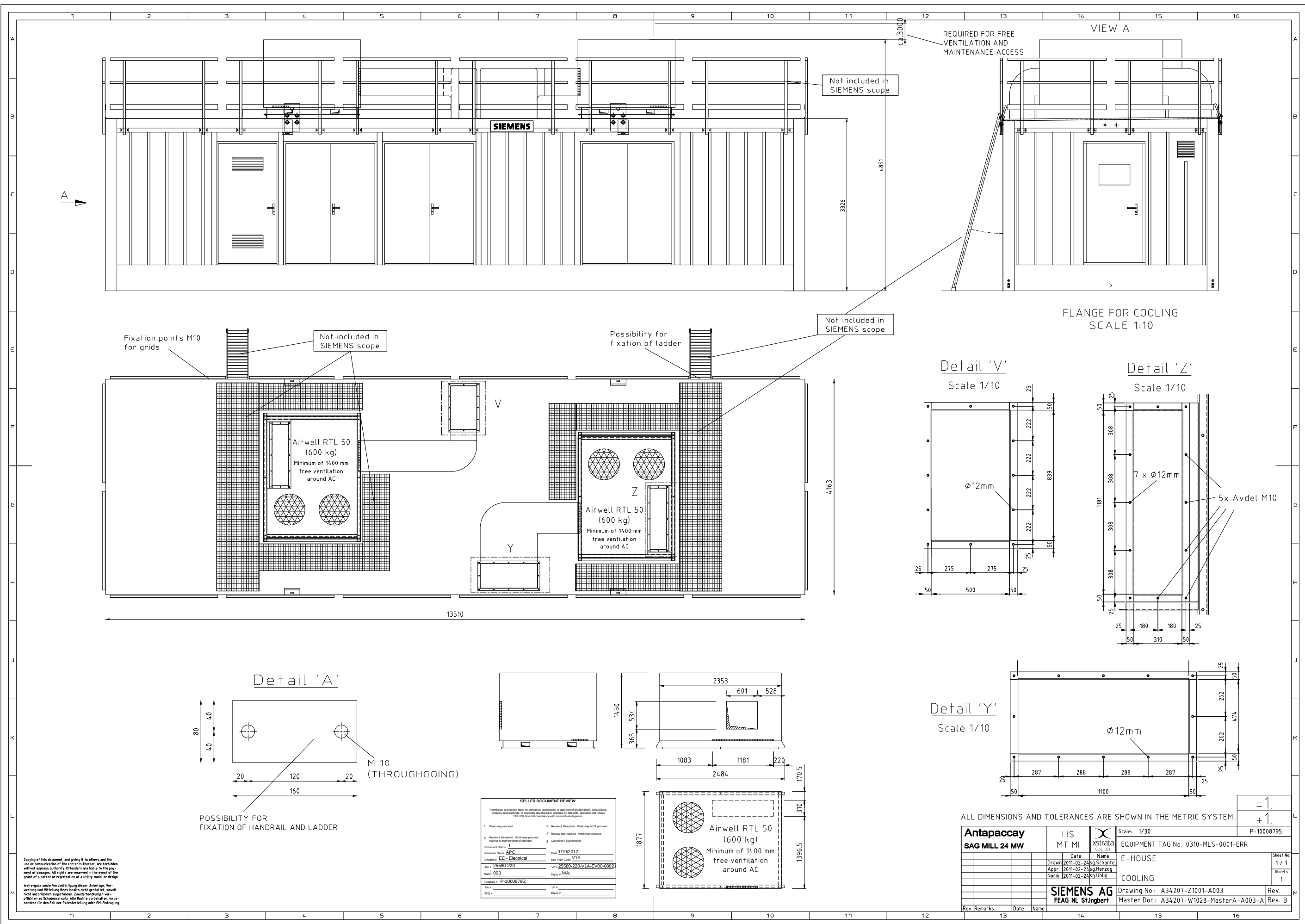
SLOPE 1%



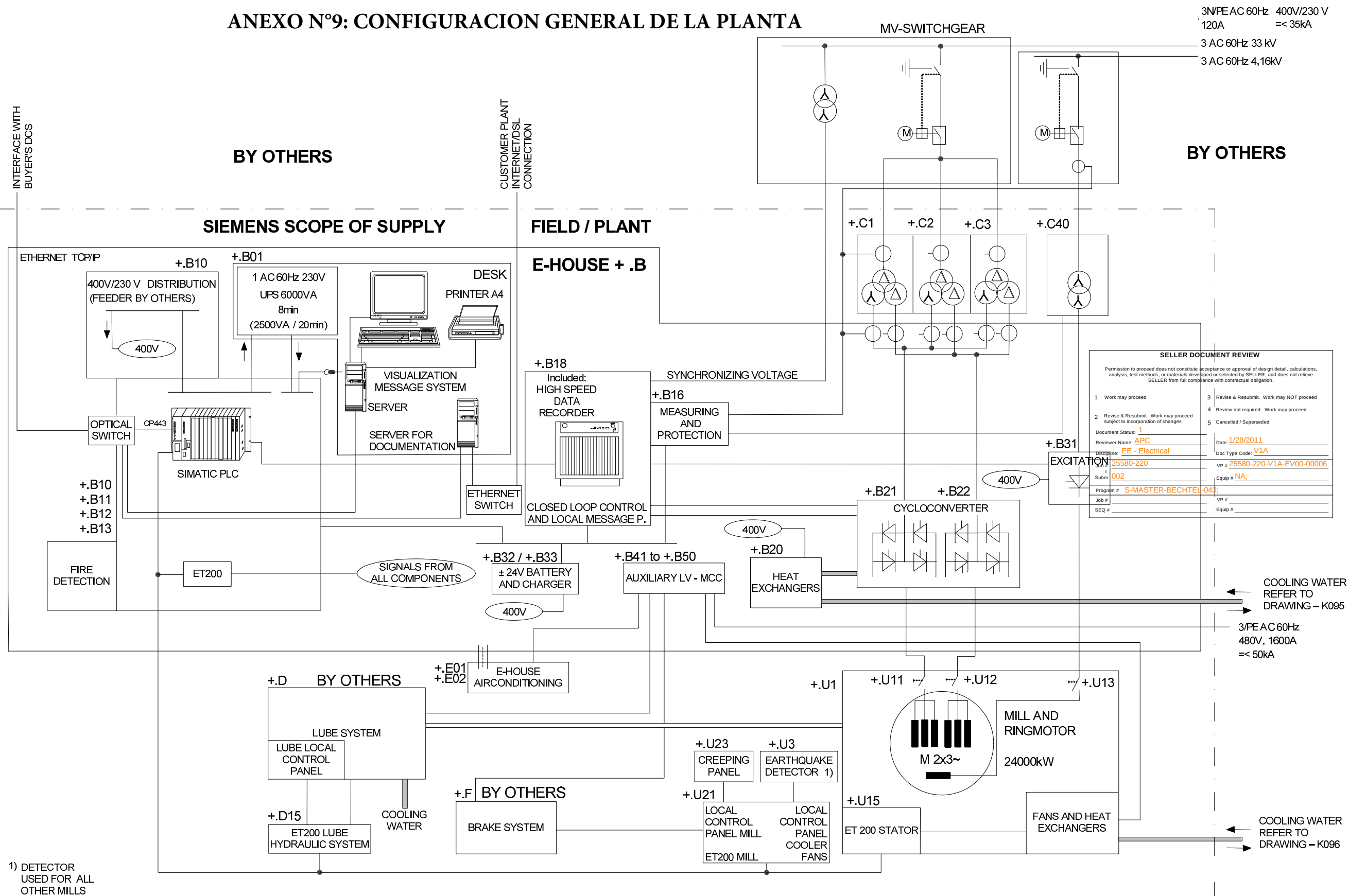
- E-HOUSE WEIGHT: 38.000 kg WITH AC

ALL DIMENSIONS AND TOLERANCES ARE SHOWN IN THE METRIC SYSTEM.

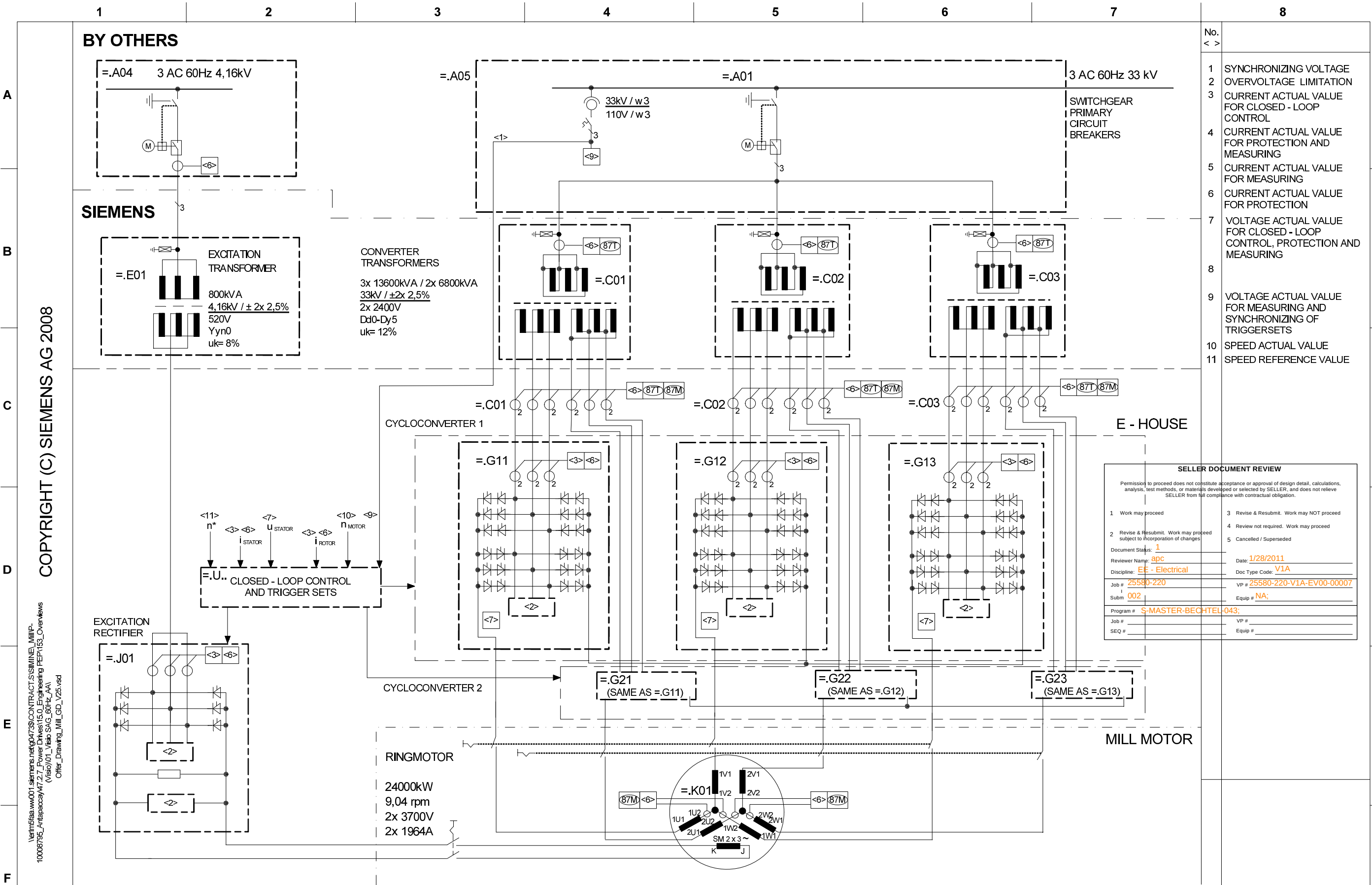
Antapaccay		IIS				Scale: 1/30		P-10008795	
BALL MILL 16.4 MW		MT MI				EQUIPMENT TAG No.: 0310-MLB-0001-ERR			
						EQUIPMENT TAG No.: 0310-MLB-0002-ERR			
						E-HOUSE			
				Drawn	2011-02-24	g.Schanke			Sheet No
				Appr.	2011-02-24	g.Herzog			1 / 1
				Norm	2011-02-24	g.Uhlig			Sheets
									1
		SIEMENS AG		FEAG St. Ingbert		EQUIPMENT DETAILS			
A TAG-No.		II-04-46		J/S		Drawing No.: A34207-Z1001-A101-A		Rev.	
Rev. Remarks		Date		Name		Master Doc.: A34207-W1028-MasterB-A101-A		Rev. D	



ANEXO N°9: CONFIGURACION GENERAL DE LA PLANTA



C	Input Voltage	09.09.17	Moe	Date	30.07.2008	Xstrata Copper Chile S.A.	Siemens AG I&S MT PEP	GENERAL PLANT CONFIGURATION		1_012_block PO No. 25422-220-POA-EV00-xxxxx Equip.No. xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		= 1.	
B	For approval	08.10.07	Moe	Drawn	Koc	Xstrata Standard Concentrator		SAG MILL 40'				+ 1.	
D	Synch.voltage MCC current	10.12.29	Moe	Appr.	Moehlenkamp	SAG MILL GEARLESS DRIVE 24000 kW		60Hz Version		P-10008795	Drawing No. T12A - S - MasterA - S012 - A		Rev D
Rev.	Remarks	Date	Name	Norm		Orig. / Repl. f. / Repl. by		Block diagram					1 Shs.



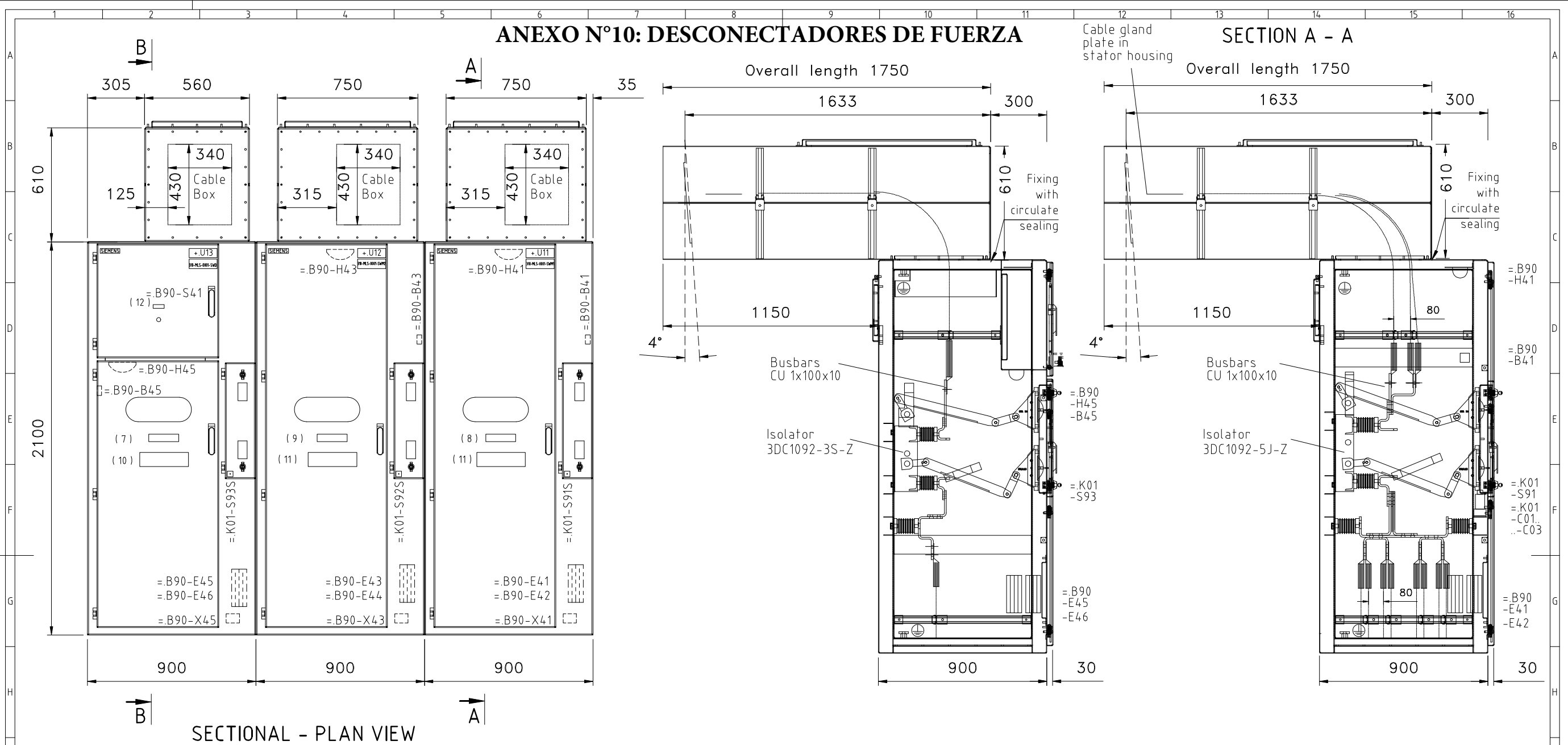
C	Input Voltage	09.09.17	Moe	Date	30.07.2008	Xstrata Copper Chile S.A. Xstrata Standard Concentrator SAG MILL GEARLESS DRIVE 24000 kW	Siemens AG I&S MT PEP	MAIN CIRCUIT INCLUDING MEASURING AND PROTECTION SAG MILL 40'	1_015_single_I PO No. 25422-220-POA-EV00-xxxxx Equip.No. xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	= 1.		
B	For approval	08.10.07	Moe	Drawn	Koc					+ 1.		
D	Synch.volta.	10.12.29	Moe	Appr.	Moehlenkamp					Rev D	Sheet 1+	
Rev.	Remarks	Date	Name	Norm		2 Shs.						
Orig. / Repl. f. / Repl. by							Single line diagram	60Hz Version	P-10008795	Drawing No. T12A - S - MasterA - S015 - A		

1 2 3 4 5 6 7 8

A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ANEXO N°10: DESCONECTADORES DE FUERZA

SECTION A - A



SECTIONAL - PLAN VIEW

Cable boxes , assembly and sealing at site

Minimum clearances in air
at 10 kV
To control circuits 120mm
Basic insulation 75mm
at operating voltage 2,21kV
(Clearances between live parts of a system and
against earthed parts)

Protection Class : IP55
Colour cubicle : RAL 7032
Weight : 900 kg approx.(without cable boxes)

Bottom gland plate 5mm
Aluminium. Removable from
outside. To be drilled by
others at site.

Copying of this document, and giving it to others and the
use or communication of the contents thereof, are forbidden
without express authority. Offenders are liable to the pay-
ment of damages. All rights are reserved in the event of the
grant of a patent or registration of a utility model or design.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Ver-
wertung und Mitteilung ihres Inhalts ist nicht gestattet, soweit
nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen ver-
pflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbe-
sondere für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung.

				Date Datum	08.10.10
				Name	Priester
				Checked Geprüft	Herzog
Revision Index	Remarks Änderung	Date Datum	Name	Norm Norm	Herzog

Xstrata Standard Concentrator
SAG MILL GEARLESS DRIVE 24MW

Orig./Repl./Repl. by

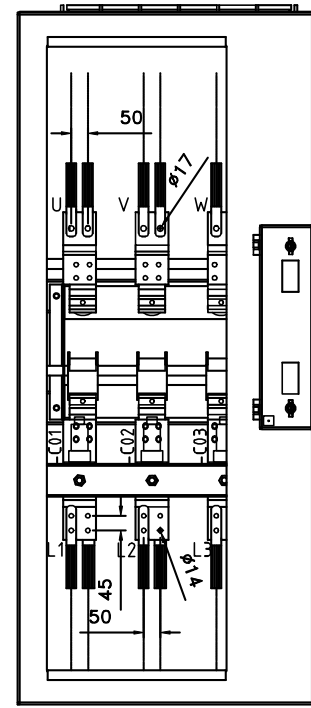


Connection and Isolation Cubicles

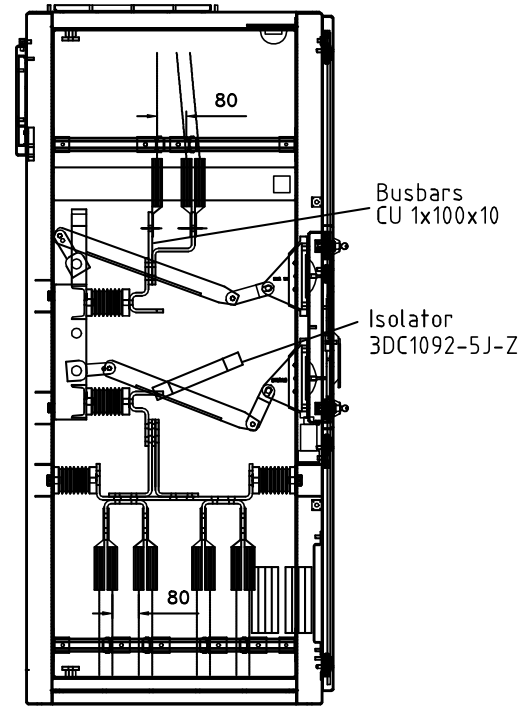
	=1.K01	+1.U1
	.dwg	Scale Maßstab 1/20
Itemnumber Sachnummer		Page Blatt 1+
T12A-S-MasterA-V074-A		Units Einheiten 3

+U11, +U12

FRONT VIEW
WITHOUT DOOR

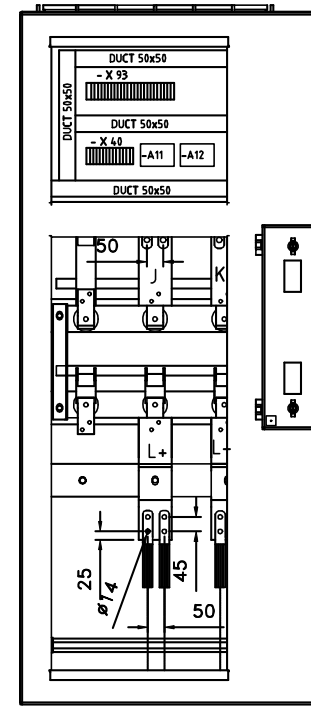


SIDE VIEW SECTION

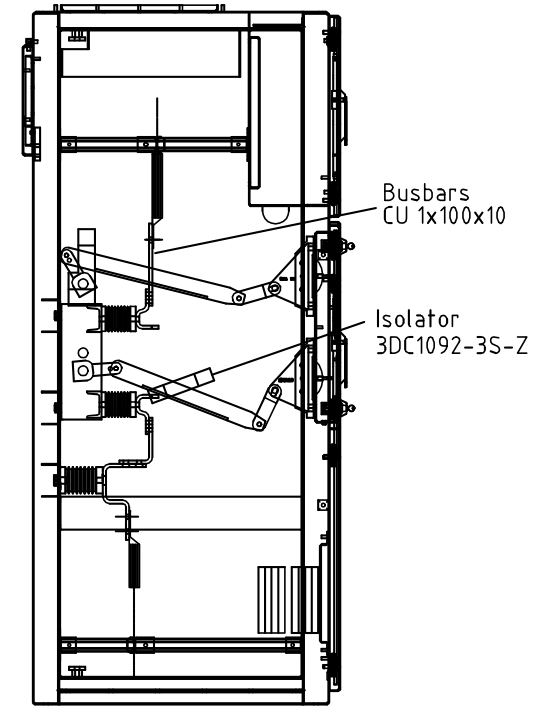


+U13

FRONT VIEW
WITHOUT DOOR



SIDE VIEW SECTION



Minimum clearances in air
at 10 kV
To control circuits 120mm
Basic insulation 75mm
at operating voltage 2,21kV
(Clearances between live parts of a system and
against earthed parts)

Tag No.
+U11; 0310-MLS-0001-SWM1
+U12; 0310-MLS-0001-SWM2
+U13; 0310-MLS-0001-SWD

Protection Class : IP55
Colour cubicle : RAL 7032
Weight : 900 kg approx.(without cable boxes)

Copying of this document, and giving it to others and the
use or communication of the contents thereof, are forbidden
without express authority. Offenders are liable to the pay-
ment of damages. All rights are reserved in the event of the
grant of a patent or registration of a utility model or design.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Ver-
wertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit
nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen ver-
pflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbe-
sondere für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung.

				Date Datum	11.10.10
				Name Name	Priester
				Checked Geprüft	Herzog
Revision Index	Remarks Änderung	Date Datum	Name Name	Norm Norm	Herzog

Xstrata Standard Concentrator SAG MILL GEARLESS DRIVE 24MW	
Orig./Repl./Repl. by	



Connection and Isolation Cubicles

Itemnumber Sachnummer T12A-S-MasterA-V074-A	±1.K01	+1.U1
	.dwg	Scale Maßstab 1/20
	Page Blatt 2+	Units Einheiten 3

ITEM 8 QTY = 1

ESTATOR 1

ITEM 11 QTY = 2

PELIGRO 2210V
DESCONECTE INTERRUPTOR
EN CELDA DE 23kV
ANTES DE ABRIR EL PANEL

ITEM 9 QTY = 1

ESTATOR 2

ITEM 10 QTY = 1

PELIGRO 460V
DESCONECTE INTERRUPTOR
EN CELDA DE 4,16kV
ANTES DE ABRIR EL PANEL

ITEM 7 QTY = 1

EXCITACION

ITEM 10 , 11

RED LABEL , WHITE LETTERS
SIZE - 260 x 75 mm, BONDED
TEXT - 12 mm

ITEM 12 QTY = 1

LUZ

ITEM 12

WHITE LABEL , BLACK LETTERS
SIZE - 60 x 20 mm, BONDED
TEXT - 4 mm

ITEM 7...9

WHITE LABEL , BLACK LETTERS
SIZE - 160 x 40 mm, BONDED
TEXT - 12 mm

Copying of this document, and giving it to others and the use or communication of the contents thereof, are forbidden without express authority. Offenders are liable to the payment of damages. All rights are reserved in the event of the grant of a patent or registration of a utility model or design.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung.

				Date Datum	11.10.10	 FEAG GmbH-NL St.Ingbert	Connection and Isolation Cubicles	Itemnumber Sachnummer T12A-S-MasterA-V074-A	=1.K01	+1.U1
			Name	Priester	.dwg				Scale Maßstab	1/20
			Checked Geprüft	Herzog					Page Blatt	3-
Revision Index	Bemerkung Änderung	Date Datum	Name	Norm Norm	Herzog	Orig./Repl./Repl. by			Units Einheiten	3

FEAG

FEAG GmbH-NL St.Ingbert

Connection and Isolation Cubicles

Itemnummer Sachnummer	T12A-S-MasterA-V074-A
--------------------------	-----------------------

	=1.K01
--	--------

.dwq

	+1.U1
--	-------

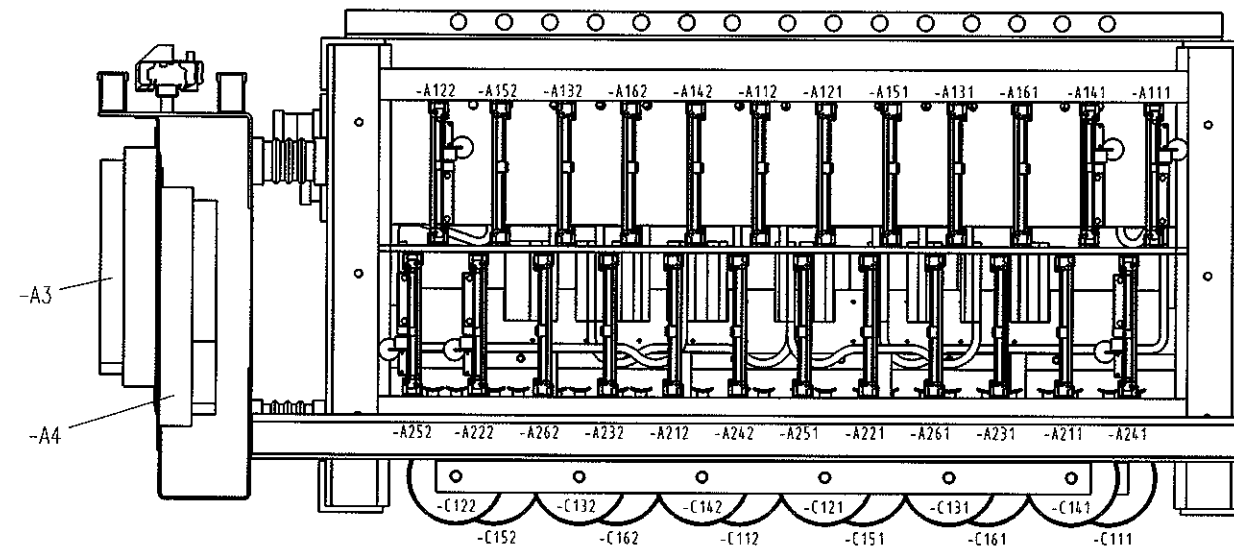
Scale	1/20
Maßstab	

Page
Blatt

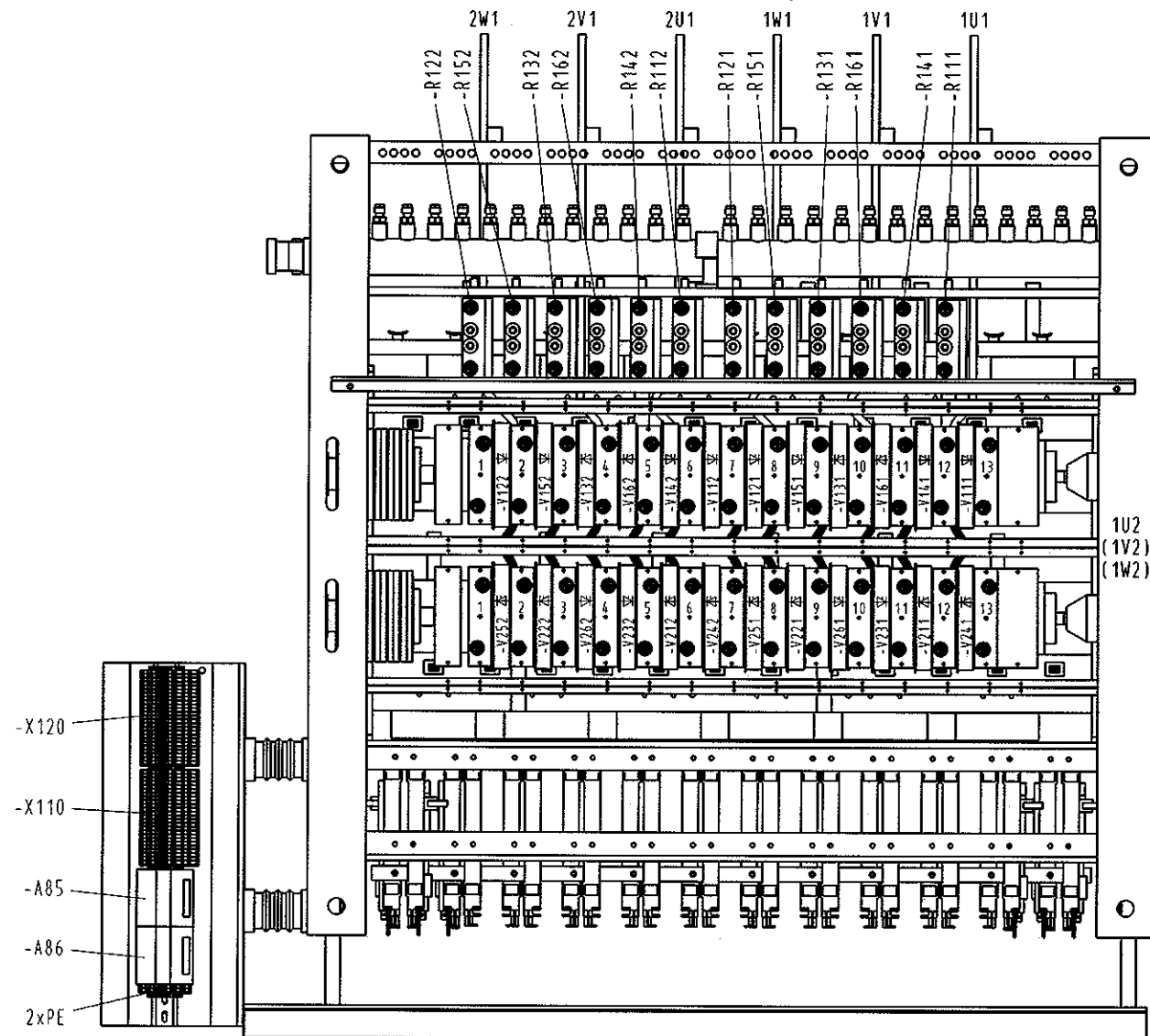
Units	Einheiten
-------	-----------

Vorderansicht/front view

ANEXO N°11: CICLOCONVERTIDOR DE 12 PULSOS



Draufsicht/top view



SELLER DOCUMENT REVIEW

Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design details, calculations, analyses, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not release SELLER from full compliance with contractual obligation.

1 Work may proceed	3 Revise & Resubmit. Work may NOT proceed
2 Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes	4 Renewal required. Work may proceed
Document Status: 1	5 Cancelled / Superseded
Reviewer Name: Puebla_Aldo	Date: 11/15/2010
Discipline: EE - Electrical	Doc Type Code: V1A
Job #: 25580-220	VP #: 25580-220-V1A-EV00-0005
Start: 001	Equip #: NA
Program #: NA	VP #
Job #	Equip #
SEQ #	

Notes:				Class:			
Next assembly:				First project:			
Usable for:				Release Date:			
				Scale: --- kg/Item ca. 360			
Gen. tolerance: ISO 2768-mK Tolerance ISO 8015				Finish:			
Title, Supplementary title				Location diagram			
Rev. Description Date of creation Created by				Title, Supplementary title			
AA 29C13979 18.05.2009 Mueller				SL150 watercooled 12-pulse			
				SL150 wassergek. 12puls			
				0460			
				SIEMENS			
				I DT LD			
				A5E 02385128B			
				Document type Sheet			
				TL-A0 01/01			
				Displ. f.			
				SFK: SIE Lang: de DIN A2			

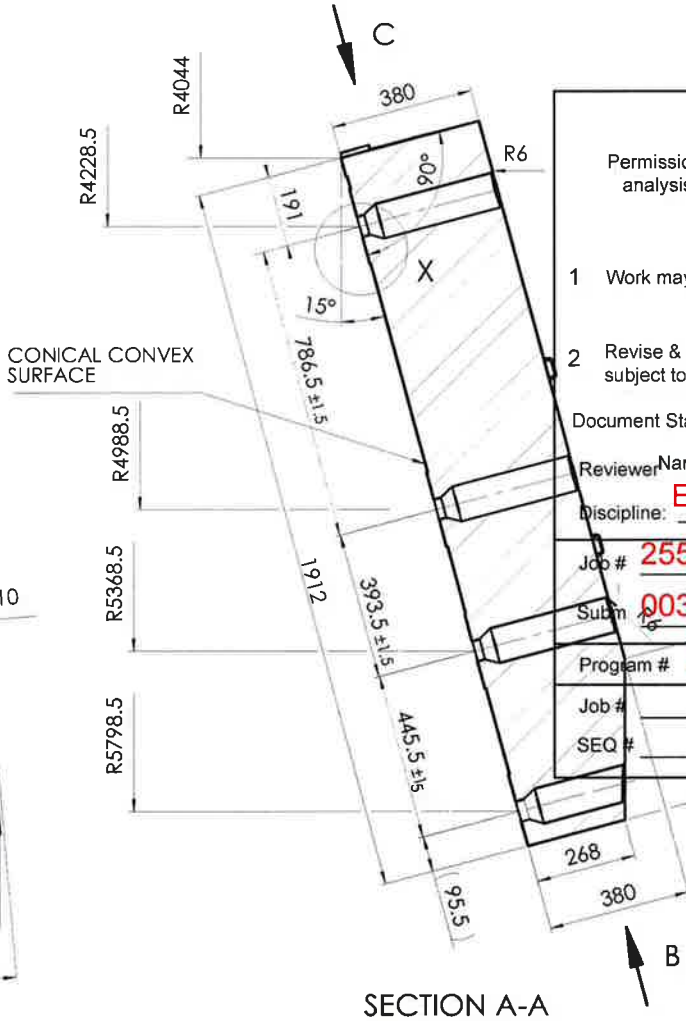
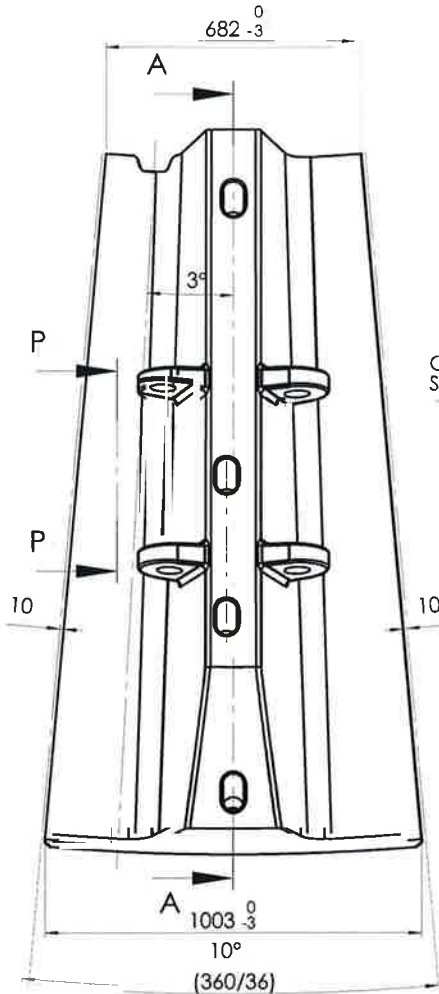
Cont'd 3. Ultra de secret d'entreprise. Tous droits réservés.
Confidential. All rights reserved. All reserved. All reserved.
Confidential. All rights reserved. All reserved. All reserved.

Versteht sich, dass diese Zeichnung ohne schriftliche Genehmigung der Siemens AG nicht weitergegeben werden darf. Die Weitergabe ist strafbar.
It is understood that this drawing is not to be distributed without the written permission of Siemens AG. Distribution without permission is punishable by law.

Copyright © Siemens AG 2008. The reproduction or use of this document or its contents is not permitted without express written authority. All rights, including copyright, are reserved. No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means electronic or mechanical, including photocopying and recording, or by any information storage or retrieval system, without permission in writing from Siemens AG.

ANEXO N°12: DIMENSIONES DE LOS LINERS (CHAQUETAS)

ITEM	QTY.	P.D.B.	DESCRIPTION	MATERIAL	REF.	WT (Kg)
3	36	517-433-A	FEED OUTER LINER	CHROME MOLY ST		2087



SELLER DOCUMENT REVIEW

Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design, detail calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.

1 Work may proceed

2 Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes

3 Revise & Resubmit. Work may NOT proceed

4 Review not required. Work may proceed

5 Cancelled / Superseded

Document Status: **1**

Reviewer Name: **Cesar Gonzalez**

Discipline: **EM - Mechanical**

Date: **08-Nov-11**

Doc Type Code: **V1A**

Job #: **25580-220**

VP #: **25580-220-V1A-MFMS-00150**

Sub #: **003**

Equip #: **0310-MLS-0001-C0B7**

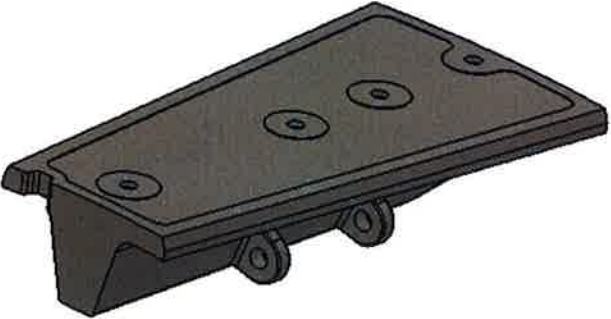
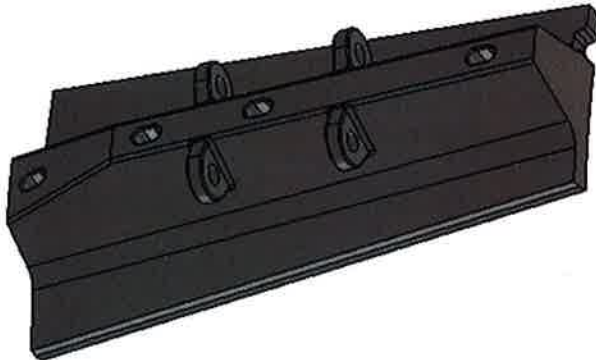
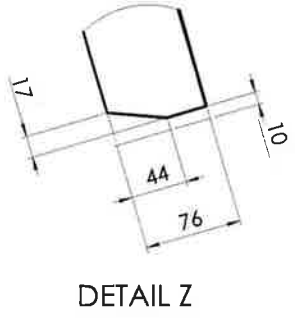
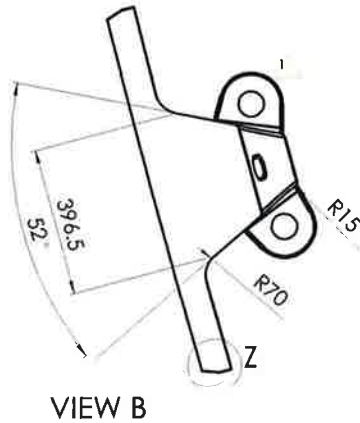
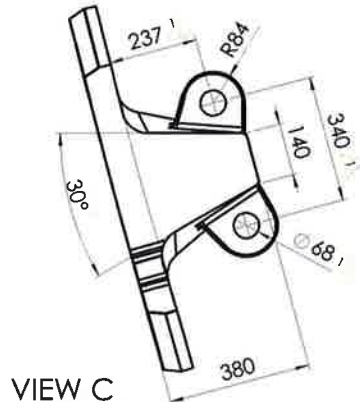
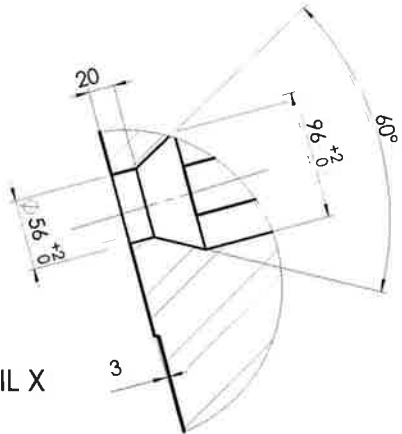
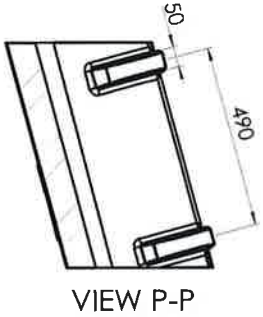
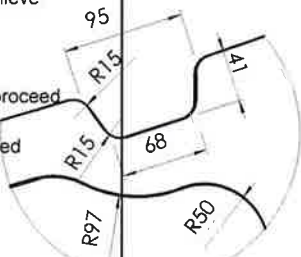
Program #: **420-0115-SAM**

Job #

SEQ #

VP #

Equip #



FLSMIDTH

CERTIFIED FOR CONSTRUCTION

SIGNATURE: *David Cristobal*

DATE: **25OCT2011**

APPROVED

Fundicion Callao S.A.

David Cristobal

23/August/2011

4- Material & Hardness: FUNCAL SPEC. MAT. 300.012

3- ASSEMBLY DRAWING N° 517-455

2- BREAK CORNERS R6 mm.

1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)

THE INFORMATION TRANSMITTED BY THIS DOCUMENT IS PROPERTY OF FUNDICION CALLAO S.A. AND MAY NOT BE DUPLICATED WITHOUT WRITTEN CONSENT FROM FUNDICION CALLAO S.A.

16/08/11	1	D.Cristobal	General Revision	Material specification and lifting lug updated
21/05/11	0	D.Cristobal	Issued	
DATE	REV	APP.		

CHANGE DESCRIPTIONS

NAME	DATE	CUSTOMER
DRAWN J.C.C.	12/05/11	
CHECKED D.C.D.	12/05/11	
APPROVED D.Cristobal	21/05/11	

FL SMITH S.A.C.

SAG MILL 40' x 25'

FEED OUTER LINER

FUNDICION CALLAO S.A.

DEPARTAMENTO TECNICO

AV ARGENTINA 3719 - CALLAO

TELEFONO: (511) 517-0000

DWG N° **517-433**

A3 REV 1

PROJECT: ANTAPACCAY - TINTAYA

EXPANSION

P.O. NUMBER: 25580-220-POA-MFMS-00001

EQUIPMENT: SAG MILL

EQUIPMENT NO.: 0310-MLS-0001

FLSMIDTH

DRAWING NO. 69010295.Sht. 1. Ver. 3.0

ITEM	QTY.	P.D.B.	DESCRIPTION	MATERIAL	REF.	WT (Kg)
4	54	517-434-A	FEED & DISCHARGE FILLER RING	CHROME MOLY ST.		579

SELLER DOCUMENT REVIEW

Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.

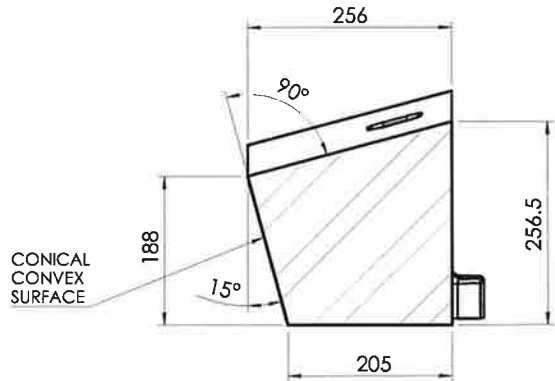
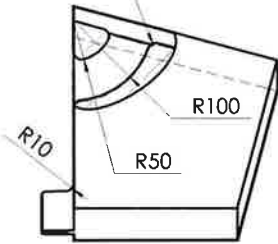
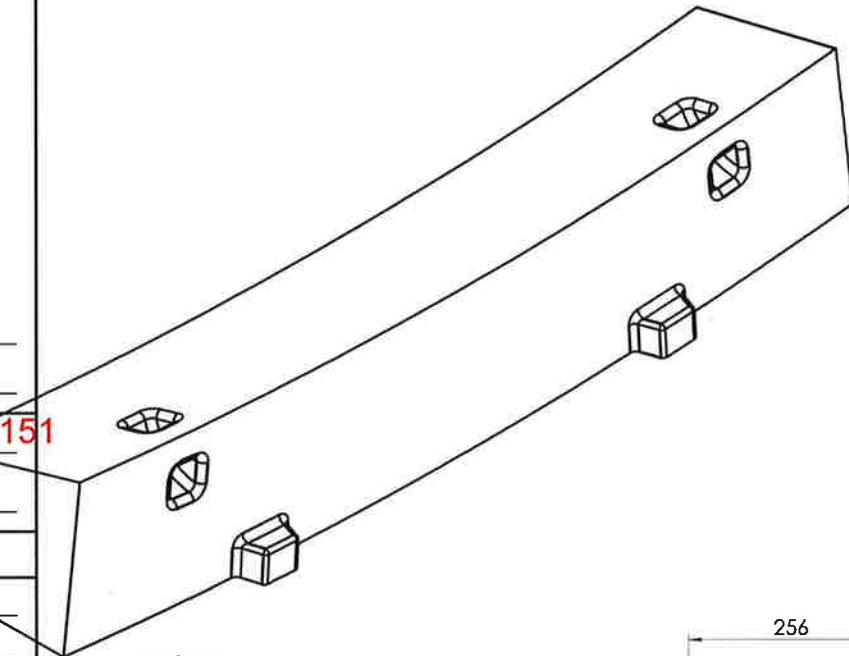
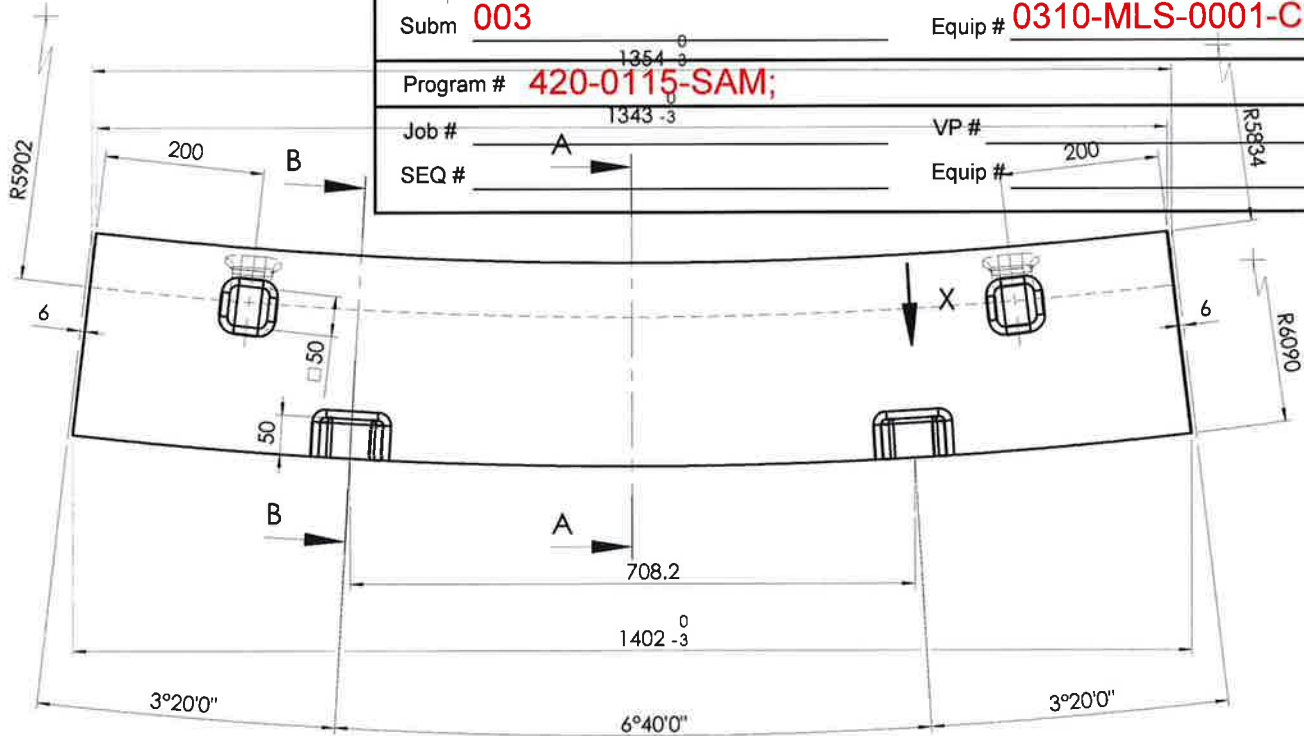
- 1 Work may proceed

2 Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes
- 3 Revise & Resubmit. Work may NOT proceed

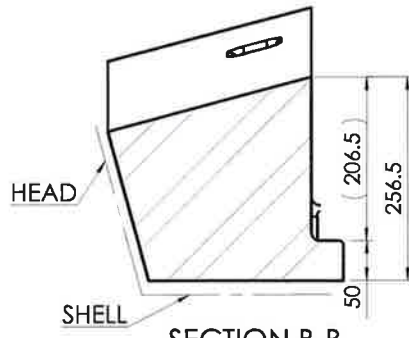
4 Review not required. Work may proceed

5 Cancelled / Superseded

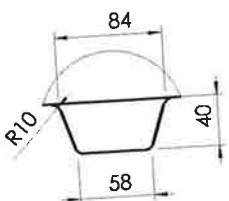
Document Status: **1**
Reviewer Name: **Cesar Gonzalez** Date: **08-Nov-11**
Discipline: **EM - Mechanical** Doc Type Code: **V1A**
Job # **25580-220** VP # **25580-220-V1A-MFMS-00151**
Subm **003** Equip # **0310-MLS-0001-C0B7 ;**
Program # **420-0115-SAM;**
Job # **A** VP # **200**
SEQ # **1343-3** Equip # **1354-3**



SECTION A-A



SECTION B-B



VIEW X

APPROVED
Fundicion Callao S.A.
David Cristobal
16/August/2011

- 4- Material & Hardness: FUNCAL SPEC. MAT. 300.012
- 3- ASSEMBLY DRAWING N° 517-455
- 2- BREAK CORNERS R6 mm.
- 1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)

THE INFORMATION TRANSMITTED BY THIS DOCUMENT IS PROPERTY OF FUNDICION CALLAO S.A. AND MAY NOT BE DUPLICATED WITHOUT WRITTEN CONSENT FROM FUNDICION CALLAO S.A.

CERTIFIED FOR CONSTRUCTION
SIGNATURE *David Cristobal*
DATE **25OCT2011**

16/08/11	1	D.Cristobal	General revision, Material specification updated
19/05/11	0	D.Cristobal	Issued
DATE	REV.	APP.	

CHANGE DESCRIPTIONS

NAME	DATE	CUSTOMER
DRAWN J.C.C.	12/05/11	
CHECKED D.C.D.	12/05/11	
APPROVED D. Cristobal	19/05/11	

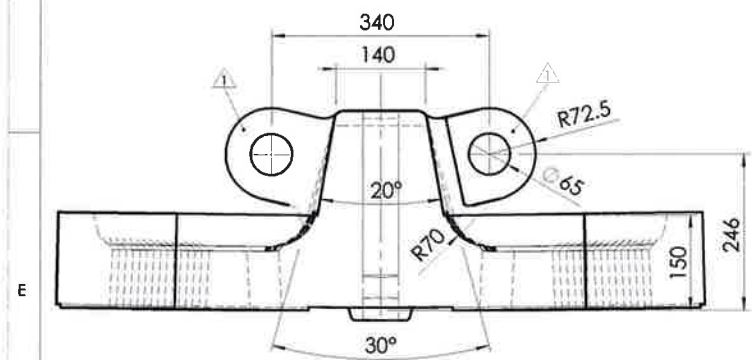
FL SMITH S.A.C.
SAG MILL 40' x 25'
FEED & DISCHARGE FILLER RING

FUNDICION CALLAO S.A.
DEPARTAMENTO TECNICO
AV. ARGENTINA 3719 - CALLAO
TELEFONO: (511) 517-0000
DWG NO: **517-434**
A3 REV 1

PROJECT: ANTAPACCAY - TINTAYA
EXPANSION
P.O. NUMBER: 25580-220-POA-MFMS-00001
EQUIPMENT: SAG MILL
EQUIPMENT NO.: 0310-MLS-0001

FLSMIDTH
DRAWING NO. 69010296, Sht. 1, Ver. 3.0

Technical drawing of a mechanical part, likely a propeller or fan blade, showing various dimensions and annotations. The drawing includes a top view (left) and a side view (right). Dimensions include 5, 20, 36, 56, 90, 130, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 90



SLOT LIST			
SLOT	LENGTH(mm)	AREA S=60 (m2)	AREA S=70 (m2)
1	108	0.0065	0.00758
2	119	0.0072	0.0084
3	130	0.0078	0.0091
4	140	0.0084	0.0098
5	151	0.0091	0.0106
6	162	0.0098	0.0114
7	173	0.0104	0.0121
8	183	0.0110	0.0128
9	194	0.0117	0.01365
10	205	0.0123	0.01435
11	216	0.0130	0.01516
12	227	0.0137	0.01598
13	237	0.0143	0.01668
14	248	0.0149	0.01738
15	209	0.0126	0.0147
TOTAL FOR 36 GRATES		11.7 m2	13.7 m2

16/08/11	1	D.Cristobal	General revision. Chord length, material and lifting lug updated. Grate PD8 517-439-8 added
21/05/11	0	D.Cristobal	Issued
DATE	REV.	APP.	

	
CERTIFIED FOR CONSTRUCTION	
SIGNATURE	<i>Nolan Burford</i>
DATE	25OCT2011

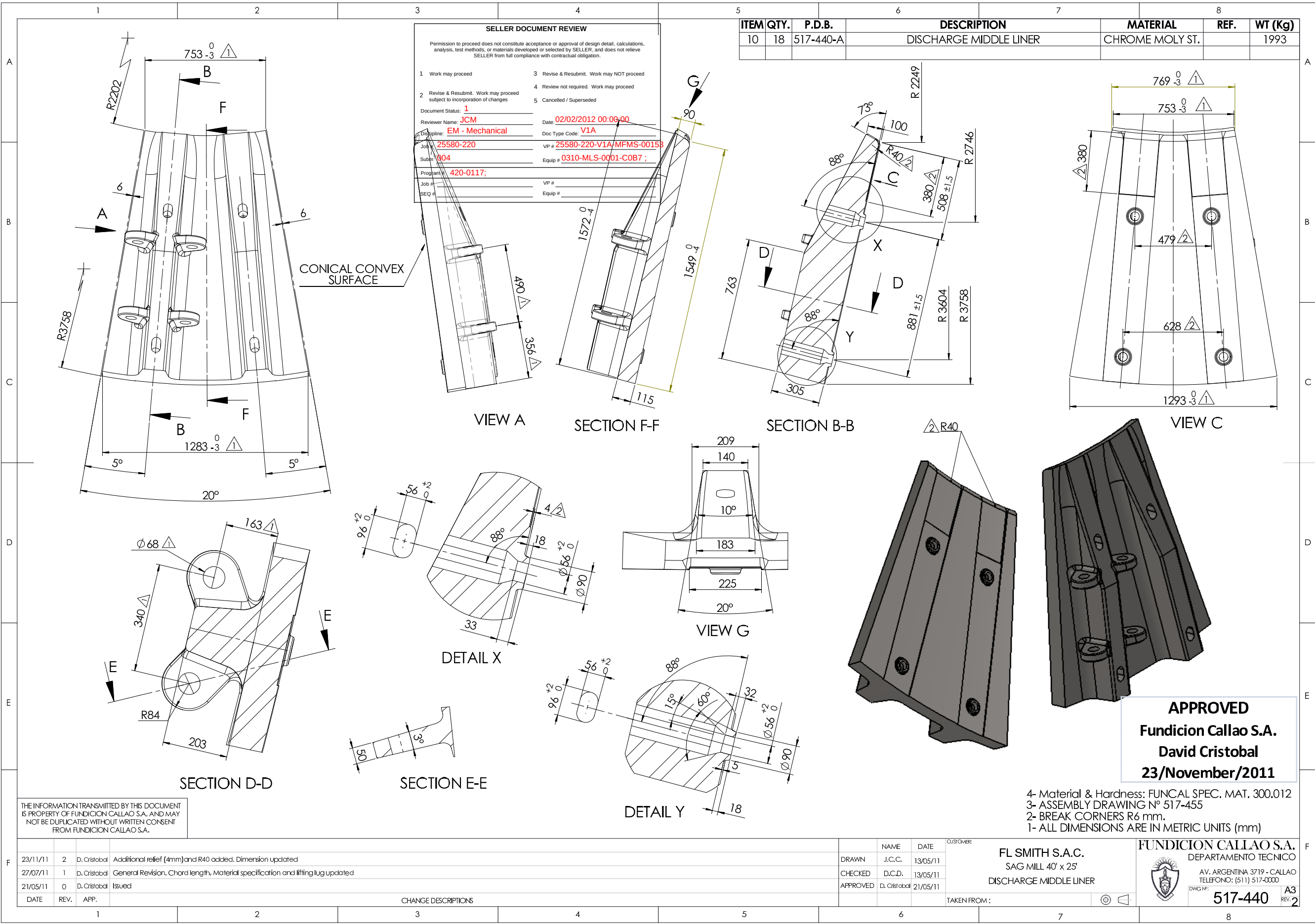
5- Slot size "S". See purchase order or Spec
4- Material & Hardness: FUNCAL SPEC. MAT. 300.012
3- ASSEMBLY DRAWING N° 517-455
2- BREAK CORNERS R6 mm.
1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)

	NAME	DATE	CUSTOMER:
DRAWN	J.C.C.	12/05/11	
CHECKED	D.C.D.	12/05/11	
APPROVED	D. Cristóbal	21/05/11	

FL SMITH S.A.C.
SAG MILL 40' x 25'
DISCHARGE GRATE

FUNDICION CALLAO S.A.
DEPARTAMENTO TECNICO
AV. ARGENTINA 3719 - CALLAO
TELEFONO: (511) 517-0000
DWG Nº: **517-439** A3
REV. 1

FLSMIDTH
DRAWING NO. 69010297, Sht. 1, Ver. 3.0



SELLER DOCUMENT REVIEW	
Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.	
1 Work may proceed	3 Revise & Resubmit. Work may NOT proceed
2 Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes	4 Review not required. Work may proceed
5 Cancelled / Superseded	
Document Status: 1	
Reviewer Name: JCM	Date: 02/02/2012 00:06:00
Discipline: EM - Mechanical	Doc Type Code: V1A
Job #: 25580-220	VP #: 25580-220-V1A/MFMS-00158
Subm: 004	Equip #: 0310-MLS-0001-C0B7 ;
Program #: 420-0117;	
Job #:	VP #:
SEQ #:	Equip #:

ITEM	QTY.	P.D.B.	DESCRIPTION	MATERIAL	REF.	WT (Kg)
10	18	517-440-A	DISCHARGE MIDDLE LINER	CHROME MOLY ST.		1993

APPROVED
Fundicion Callao S.A.
David Cristobal
23/November/2011

4- Material & Hardness: FUNCAL SPEC. MAT. 300.012
3- ASSEMBLY DRAWING N° 517-455
2- BREAK CORNERS R6 mm.
1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)

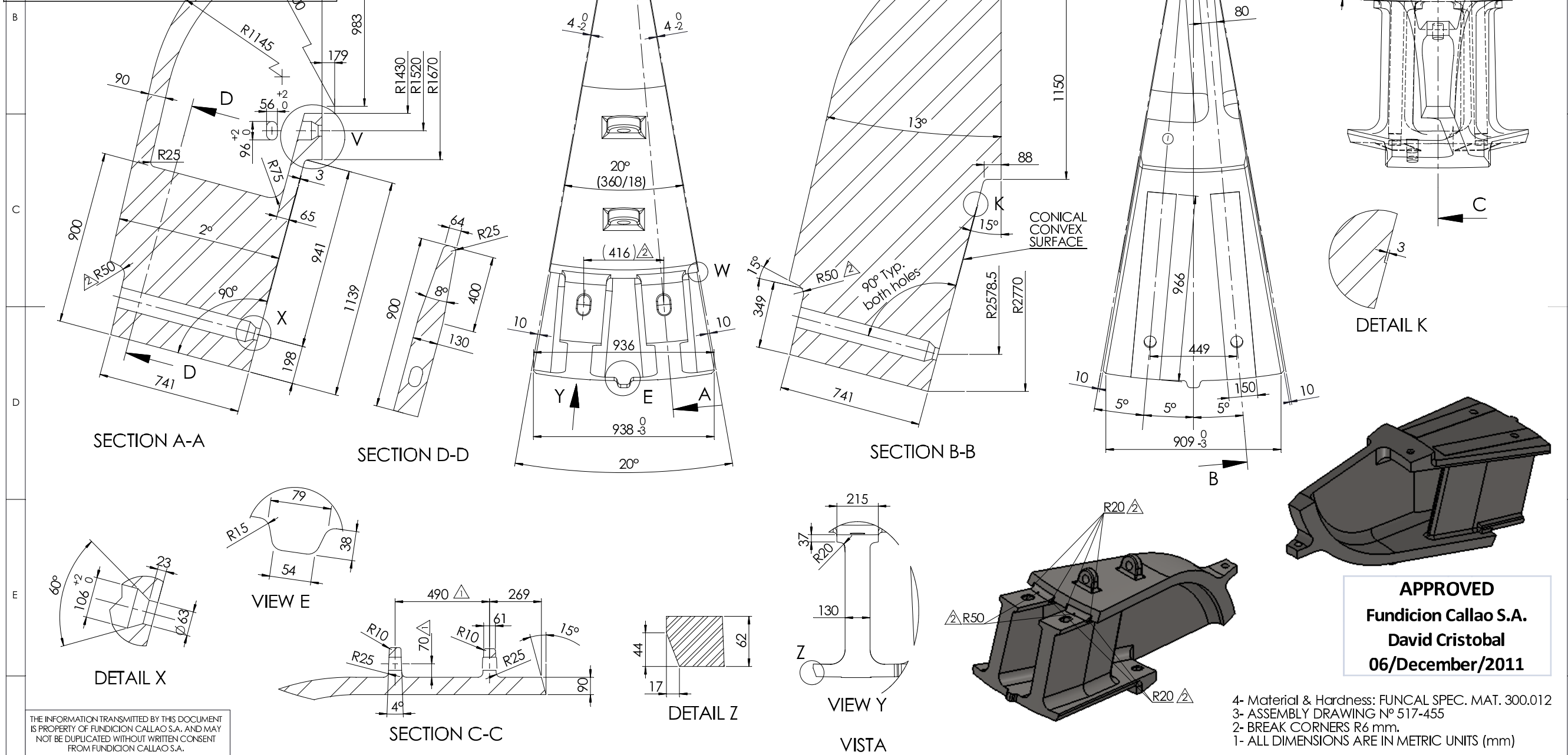
THE INFORMATION TRANSMITTED BY THIS DOCUMENT IS PROPERTY OF FUNDICION CALLAO S.A. AND MAY NOT BE DUPLICATED WITHOUT WRITTEN CONSENT FROM FUNDICION CALLAO S.A.

DATE	REV.	APP.	CHANGE DESCRIPTIONS
23/11/11	2	D. Cristobal	Additional relief (4mm) and R40 added. Dimension updated
27/07/11	1	D. Cristobal	General Revision, Chord length, Material specification and lifting lug updated
21/05/11	0	D. Cristobal	Issued

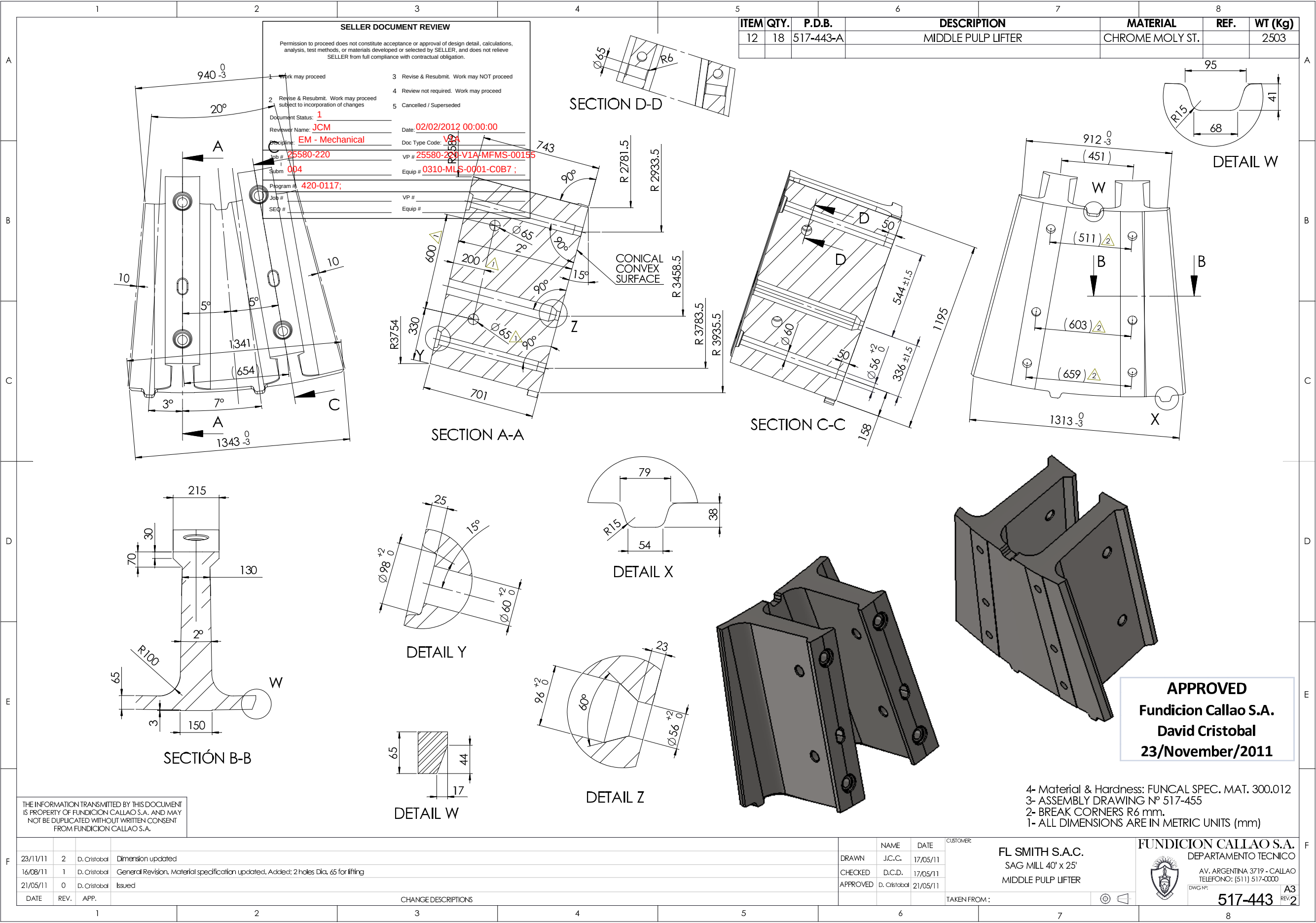
DRAWN CHECKED APPROVED	NAME J.C.C. D.C.D. D. Cristobal	DATE 13/05/11 13/05/11 21/05/11	CUSTOMER FL SMITH S.A.C. SAG MILL 40' x 25' DISCHARGE MIDDLE LINER	FUNDICION CALLAO S.A. DEPARTAMENTO TECNICO AV. ARGENTINA 3719 - CALLAO TELÉFONO: (511) 517-0000 DWG N°: 517-440 A3 REV. 2

SELLER DOCUMENT REVIEW				2
Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.				
1	Work may proceed	3	Revise & Resubmit. Work may NOT proceed	
2	Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes	4	Review not required. Work may proceed	
Document Status: 1		5	Cancelled / Superseded	
Reviewer Name: JCM		Date:	02/02/2012 00:00:00	
Discipline: EM - Mechanical		Doc Type Code:	V1A	
Job #	25580-220	VP #	P25580-220-V1A-MFMS-00154	
Subm	004	Equip #	6310-MLS-0001-COB7	
Program # 420-0117;				
Job #		VP #		
SEQ #		Equip #		

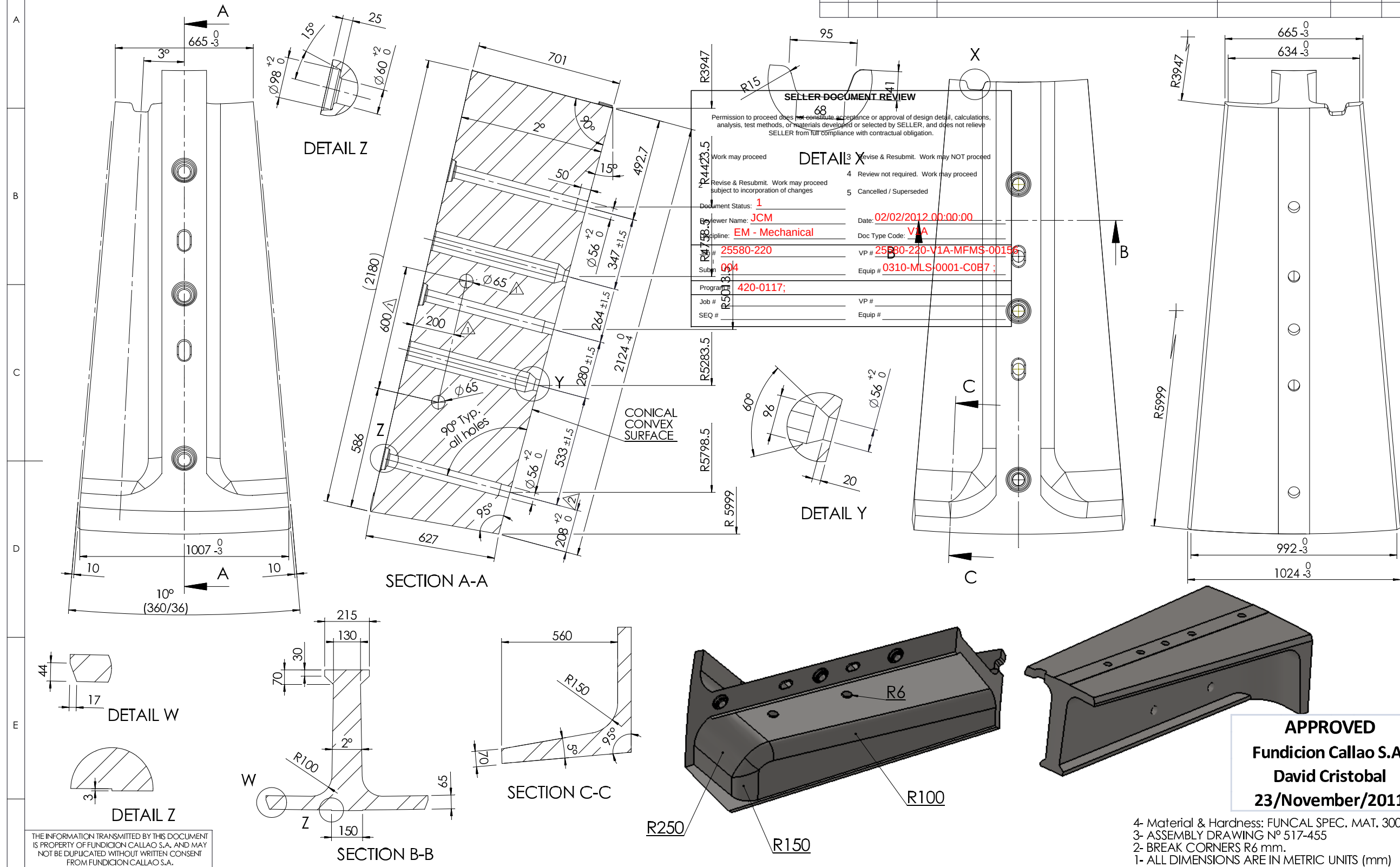
ITEM	QTY.	P.D.B.	DESCRIPTION	MATERIAL	REF.	WT (Kg)
11	18	517-441-A	DISCHARGER PULP LIFTER	CHROME MOLY ST.		3043



DATE	REV.	APP.	CHANGE DESCRIPTIONS	NAME	DATE	CUSTOMER	TAKEN FROM:
23/11/11	2	D. Cristobal	R 50 was R 25, Dimension updated	DRAWN	J.C.C.	17/05/11	FL SMITH S.A.C. SAG MILL 40' x 25' DISCHARGER PULP LIFTER
16/08/11	1	D. Cristobal	General revision, Material specification and lifting lug updated	CHECKED	D.C.D.	17/05/11	FUNDICION CALLAO S.A. DEPARTAMENTO TECNICO AV. ARGENTINA 3719 - CALLAO TELEFONO: (511) 517-0000
21/05/11	0	D. Cristobal	Issued	APPROVED	D. Cristobal	21/05/11	DWG N°: 517-441 A3 REV. 2

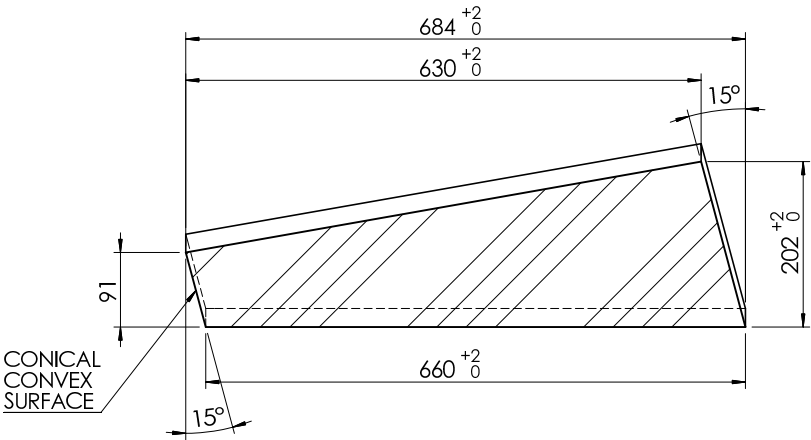
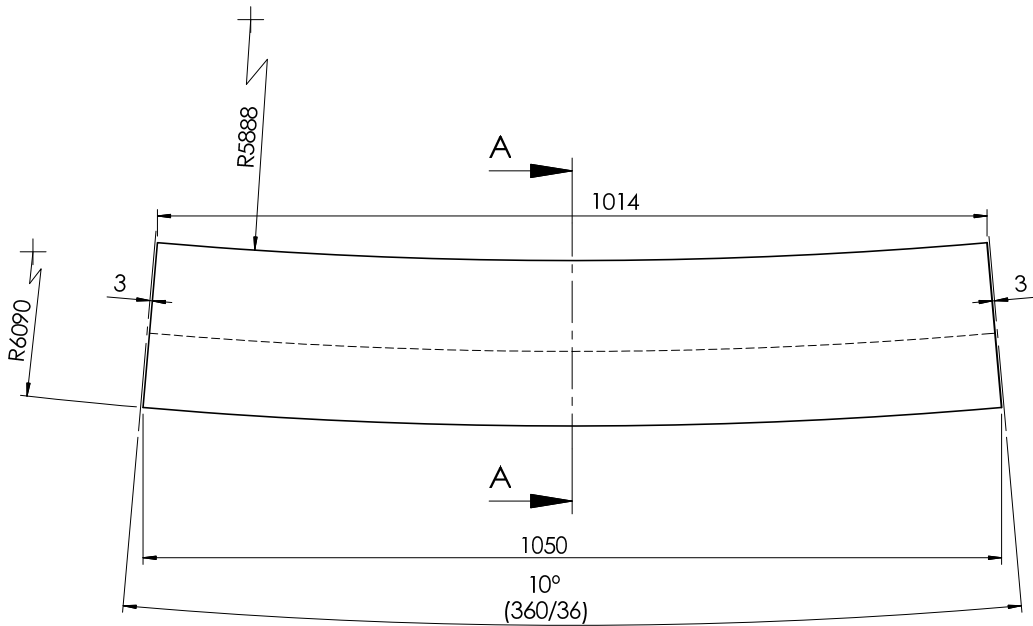


ITEM	QTY.	P.D.B.	DESCRIPTION	MATERIAL	REF.	WT (Kg)
13	36	517-444-A	OUTER PULP LIFTER	CHROME MOLY ST.		2936



F	23/11/11	2	D.Cristobal	Dimension updated.		DRAWN	J.C.C.	17/05/11	CUSTOMER: FL SMITH S.A.C. SAG MILL 40' x 25' OUTER PULP LIFTER	 FUNDICION CALLAO S.A. DEPARTAMENTO TECNICO AV. ARGENTINA 3719 - CALLAO TELEFONO: (511) 517-0000 DWG NO: 517-444 A3 REV. 2					
	16/08/11	1	D.Cristobal	General Revision, Material specification updated, Added: 2 holes Dia 65 for lifting		CHECKED	D.C.D.	17/05/11							
	21/05/11	0	D.Cristobal	ISSUED		APPROVED	D. Cristobal	21/05/11							
	DATE	REV.	APP.	CHANGE DESCRIPTIONS							TAKEN FROM :				
	1		2		3		4		5		6		7		8

ITEM	QTY.	P.D.B.	DESCRIPTION	MATERIAL	REF.	WT (Kg)
14	36	517-445-A	CORNER SEGMENT	RUBBER		100

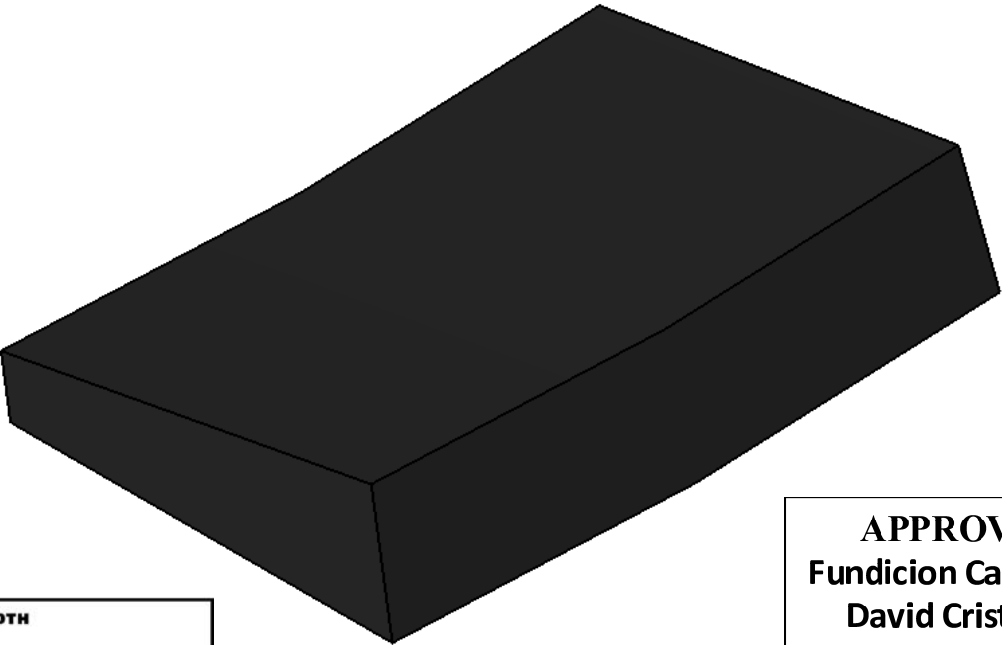


SECTION A-A

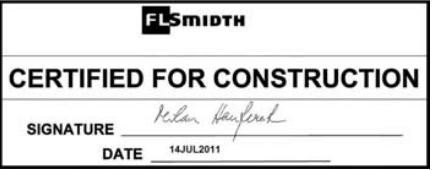
SELLER DOCUMENT REVIEW

Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.

1 Work may proceed	3 Revise & Resubmit. Work may NOT proceed
2 Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes	4 Review not required. Work may proceed
5 Cancelled / Superseded	
Document Status: <u>1</u>	
Reviewer Name: <u>s.labra</u> Date: <u>19-agost-2011</u>	
Discipline: <u>EM - Mechanical</u> Doc Type Code: <u>V1A</u>	
Job # <u>25580-220</u>	VP # <u>25580-220-V1A-MFMS-00157</u>
Subm <u>001</u>	Equip # <u>N/A;</u>
Program # <u>420-0113-SAM;</u>	
Job # _____	VP # _____
SEQ # _____	Equip # _____



APPROVED
Fundicion Callao S.A
David Cristobal
21-May- 2011

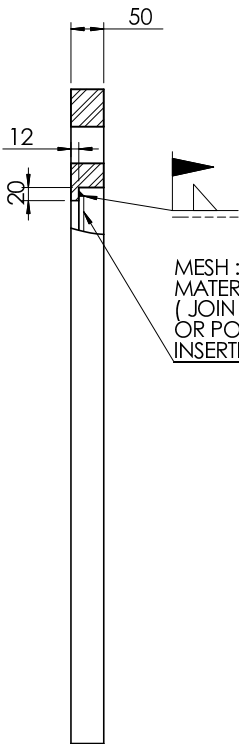
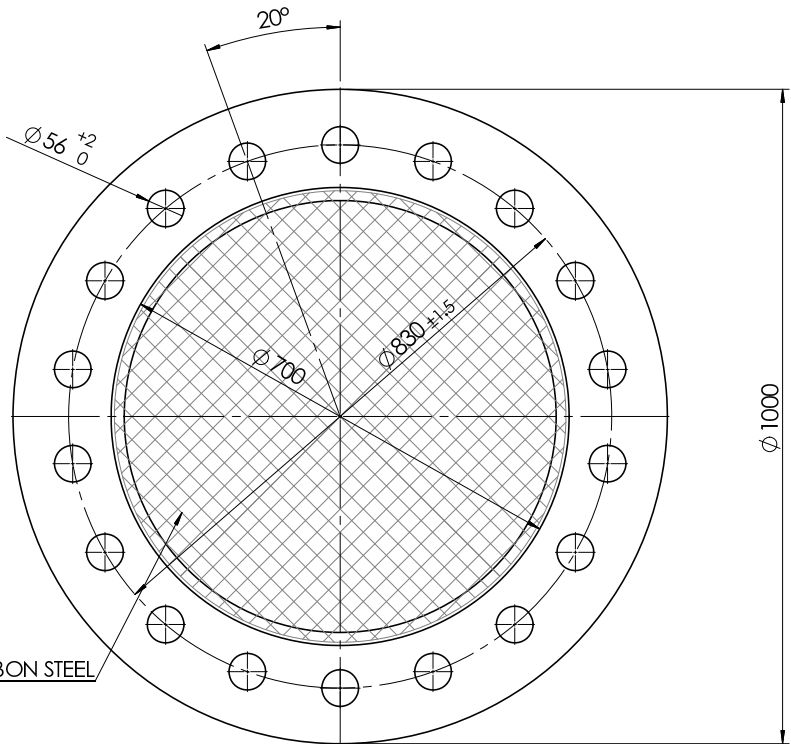


THE INFORMATION TRANSMITTED BY THIS DOCUMENT IS PROPERTY OF FUNDICION CALLAO S.A. AND MAY NOT BE DUPLICATED WITHOUT WRITTEN CONSENT FROM FUNDICION CALLAO S.A.

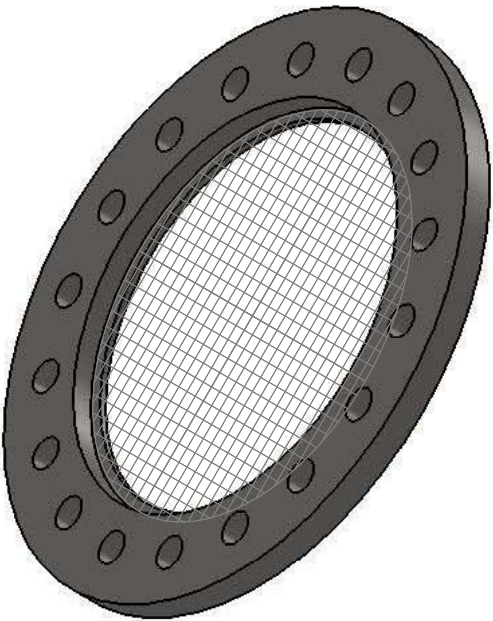
NOTES:
1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)
2- BREAK CORNERS R6 mm.
3- ASSEMBLY DRAWING Nº 517-455

21/05/11 0 D.Cristobal ISSUED				DRAWN J.C.C. 17/05/11				CHECKED D.C.D. 17/05/11				APPROVED D. Cristobal 21/05/11				CUSTOMER: FL SMIDTH S.A.C. SAG MILL 40' x 25' CORNER SEGMENT				FUNDICION CALLAO S.A. DEPARTAMENTO TECNICO AV. ARGENTINA 3719 - CALLAO TELEFONO: (511) 517-0000			
DATE REV. APP.				CHANGE DESCRIPTIONS				TAKEN FROM:				DWG Nº: 517-445 A3 REV 0											

ITEM	QTY.	P.D.B.	DESCRIPTION	MATERIAL	REF.	WT (Kg)
15	1	517-446-A	CLAMPING RING	MILD STEEL		148
	1		MESH	LOW CARBON STEEL		



MESH : Ø8mm 25x25
MATERIAL : LOW CARBON STEEL
(JOIN THE MESH TO THE CLAMPING RING BY WELDING
OR POURING THE CLAMPING RING WITH THE MESH
INSERTED INTO THE MOLD)



MESH : Ø8mm 25x25
MATERIAL : LOW CARBON STEEL

SELLER DOCUMENT REVIEW

Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.

- 1

Work may proceed
- 2

Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes
- 3

Revise & Resubmit. Work may NOT proceed
- 4

Review not required. Work may proceed
- 5

Cancelled / Superseded

Document Status: **1**

Reviewer Name: **s.labra** Date: **19-agost-2011**

Discipline: **EM - Mechanical** Doc Type Code: **V1A**

Job # **25580-220** VP # **25580-220-V1A-MFMS-00158**

Subm **001** Equip # **N/A;**

Program # **420-0113-SAM;**

Job # _____ VP # _____

SEQ # _____ Equip # _____

APPROVED
Fundicion Callao S.A
David Cristobal
21-May- 2011

THE INFORMATION TRANSMITTED BY THIS DOCUMENT IS PROPERTY OF FUNDICION CALLAO S.A. AND MAY NOT BE DUPLICATED WITHOUT WRITTEN CONSENT FROM FUNDICION CALLAO S.A.

21/05/11	0	D. Cristobal	ISSUED
DATE	REV.	APP.	

CHANGE DESCRIPTIONS

FLSMIDTH

CERTIFIED FOR CONSTRUCTION

SIGNATURE *David Cristobal*

DATE 14JUL2011

NOTES:
1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)
2- BREAK CORNERS R6 mm.
3- ASSEMBLY DRAWING Nº 517-455

	NAME	DATE
DRAWN	J.C.C.	17/05/11
CHECKED	D.C.D.	17/05/11
APPROVED	D. Cristobal	21/05/11

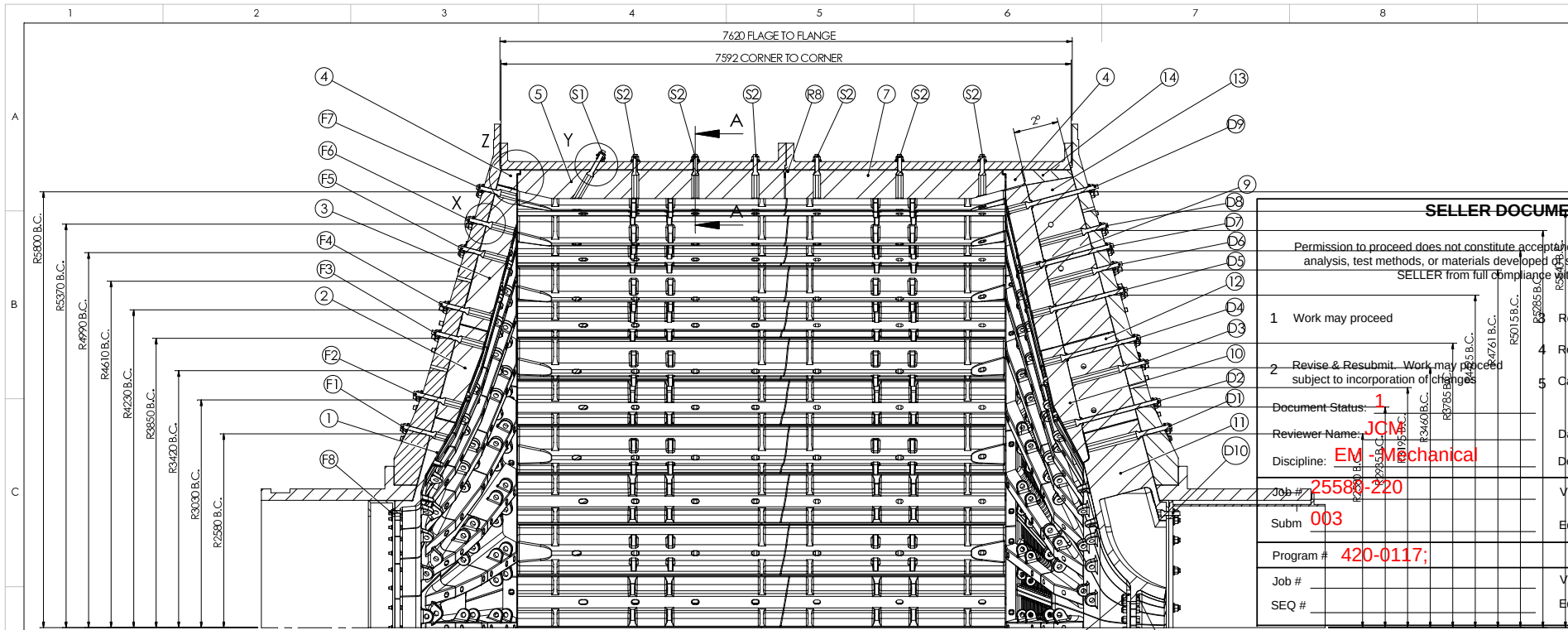
CUSTOMER:
FL SMIDTH S.A.C.
SAG MILL 40' x 25'
CLAMPING RING

TAKEN FROM :

FUNDICION CALLAO S.A.
DEPARTAMENTO TECNICO



AV. ARGENTINA 3719 - CALLAO
TELEFONO: (511) 517-0000
DWG Nº: **517-446**
A3
REV 0



PARTS LIST						
ITEM	QTY.	DRAWING	DESCRIPTION	MATERIAL	REF.	WT (Kg)
1	18	517-431	FEED THROAT LINER	CHROME MOLY ST.		896
2	18	517-432	FEED INNER LINER	CHROME MOLY ST.		1944
3	36	517-433	FEED OUTER LINER	CHROME MOLY ST.		2087
4	54	517-434	FEED & DISCHARGE FILLER RING	CHROME MOLY ST.		579
5	27	517-456	FEED SHELL LINER-ALT. "C" (HIGH)	CHROME MOLY ST.		4426
6	27	517-457	FEED SHELL LINER-ALT. "C" (LOW)	CHROME MOLY ST.		2922
7	27	517-458	DISCHARGE SHELL LINER-ALT. "C" (HIGH)	CHROME MOLY ST.		3651
8	27	517-459	DISCHARGE SHELL LINER-ALT. "C" (LOW)	CHROME MOLY ST.		2421
9	36	517-439	DISCHARGE GRATE	CHROME MOLY ST.		1979
10	36	517-440	DISCHARGE MIDDLE LINER	CHROME MOLY ST.		1993
11	36	517-441	DISCHARGE PULP LIFTER	CHROME MOLY ST.		3043
12	18	517-443	MIDDLE PULP LIFTER	CHROME MOLY ST.		2503
13	36	517-444	OUTER PULP LIFTER	CHROME MOLY ST.		2936
14	1	517-446	CORNER SEGMENT	RUBBER		100
15	1	517-446	CLAMPING RING	MILD STEEL		148
TOTAL						832585

SELLER DOCUMENT REVIEW

Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by Seller. Seller does not release Seller from full compliance with contractual obligations.

1 Work may proceed

2 Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes

Document Status: 1

Reviewer Name: JCM

Discipline: EM - Mechanical

Job #: 25580-220

Subm: 003

Program #: 420-0117;

Job #

SEQ #

Revise & Resubmit. Work may NOT proceed

4 Review not required. Work may proceed

5 Cancelled / Superseded

Date: 02/02/2012 00:00:00

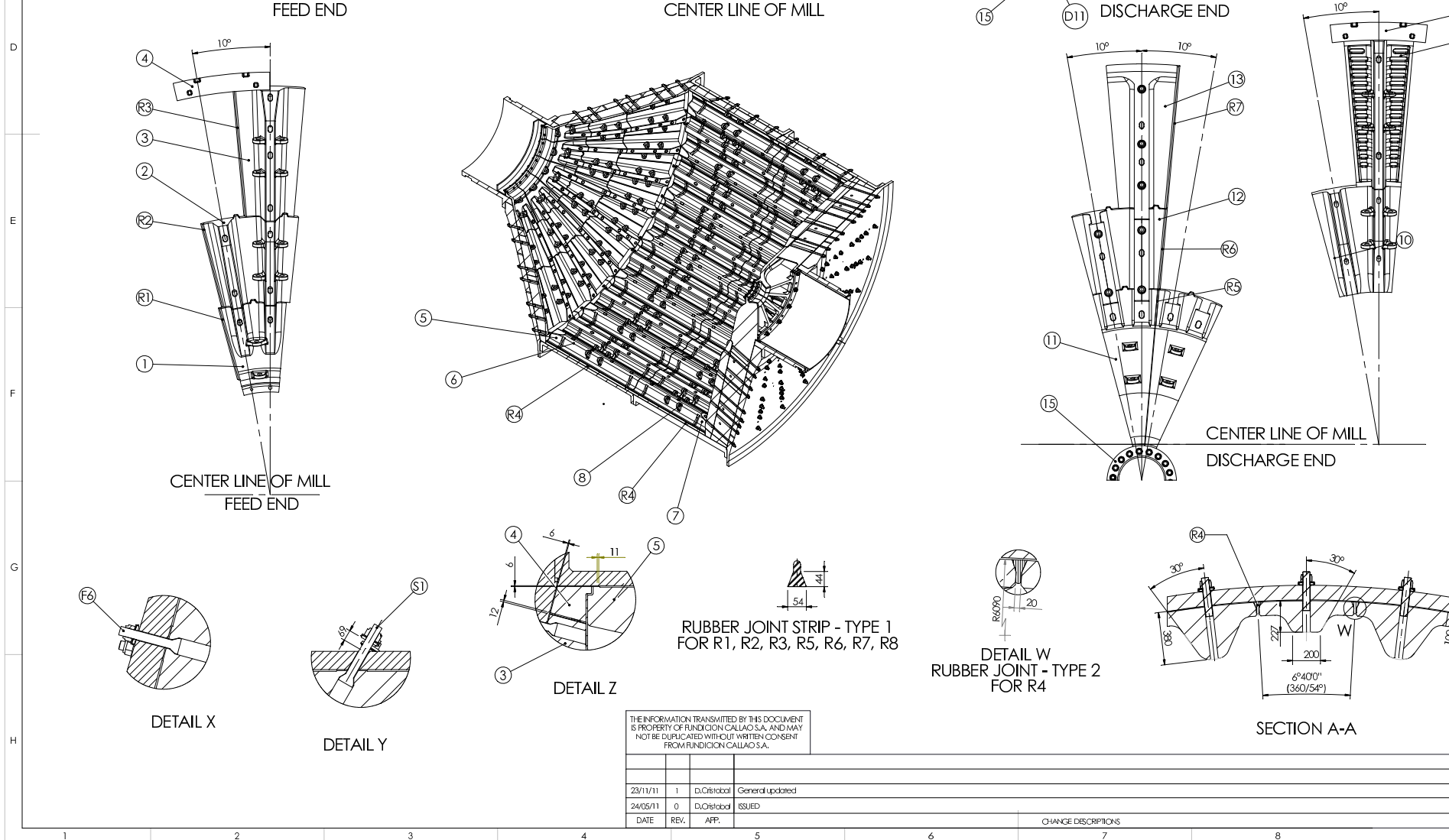
Doc Type Code: V1A

VP #: 25580-220-V1A-MFMS-00149

Equip #: 0310-MLS-0001;

VP #

Equip #



RUBBER JOINT STRIP				
ITEM	QTY.	DESCRIPTION	LONG.	TOTAL
1	18	R1 - RUBBER JOINT (TYPE 1)	1200	21600
2	18	R2 - RUBBER JOINT (TYPE 1)	1400	25200
3	36	R3 - RUBBER JOINT (TYPE 1)	2090	73800
4	36	R4 - RUBBER JOINT (TYPE 2)	6750	364500
5	18	R5 - RUBBER JOINT (TYPE 1)	1250	22500
6	18	R6 - RUBBER JOINT (TYPE 1)	1300	23400
7	36	R7 - RUBBER JOINT (TYPE 1)	2250	81000
8	54	R8 - RUBBER JOINT (TYPE 2)	800	43200

BOLT LOCATION									
NOMINAL SIZE		Qty.	QTY. +5%	LINER BOLT DIMENSIONS					
				A	B	C	D	E	
F1	2"	36	38	2"	17"	7"	2"	3 1/2"	
F2	2"	36	38	2"	15"	7"	2"	3 1/2"	
F3	2"	36	38	2"	14"	7"	2"	3 1/2"	
F4	2"	36	38	2"	14"	7"	2"	3 1/2"	
F5	2"	36	38	2"	12"	7"	2"	3 1/2"	
F6	2"	36	38	2"	12"	7"	2"	3 1/2"	
F7	2"	36	38	2"	11"	7"	2"	3 1/2"	
S1	2"	54	57	2"	13"	8"	2"	3 1/2"	
S2	2"	324	340	2"	9"	5"	2"	3 1/2"	
D1	2 1/4"	36	38	2 1/4"	17"	7"	2"	3 3/4"	
D2	2"	36	38	2"	44"	7"	2"	3 1/2"	
D3	2"	36	38	2"	14"	7"	2"	3 1/2"	
D4	2"	36	38	2"	41"	7"	2"	3 1/2"	
D5	2"	36	38	2"	40"	7"	2"	3 1/2"	
D6	2"	36	38	2"	14"	7"	2"	3 1/2"	
D7	2"	36	38	2"	38"	7"	2"	3 1/2"	
D8	2"	36	38	2"	12"	7"	2"	3 1/2"	
D9	2"	36	38	2"	37"	7"	2"	3 1/2"	
D10	2"	18	19	2"	8"	6"	2"	3 1/2"	
D10 BOLT WITH FLAT WASHER & SELF LOCKING NUT									
D11	2"	18	19	HEX HEAD x 8" LONG BOLT, FLAT WASHER & HEX. SELF LOCKING NUT					
F8	1 1/8"	36	38	HEX HEAD x 8" LONG BOLT, FLAT WASHER & HEX. SELF LOCKING NUT					

APPROVED

Fundicion Callao S.A.

David Cristobal

23/November/2011

5- Bolt Detail: See drawing 517-454

4- Rubber Joint Strip Detail: See drawing 517-453

3- Material & Hardness: FUNCAL Spec. MAT300.012

2- BREAK CORNERS R6 mm.

1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)

FL SMITH S.A.C.

SAG MILL 40'x25'

LINER ASSEMBLY - ALTERNATIVE "C"

AV. ARGENTINA 3719 • CALLAO

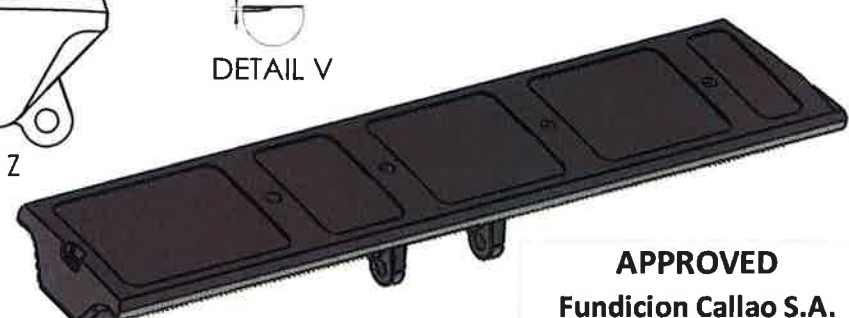
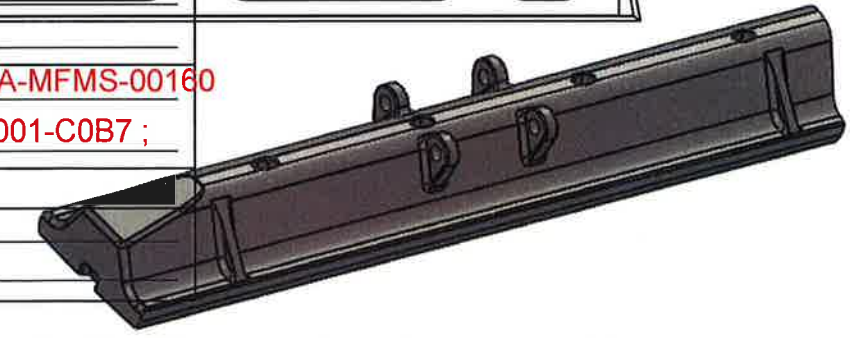
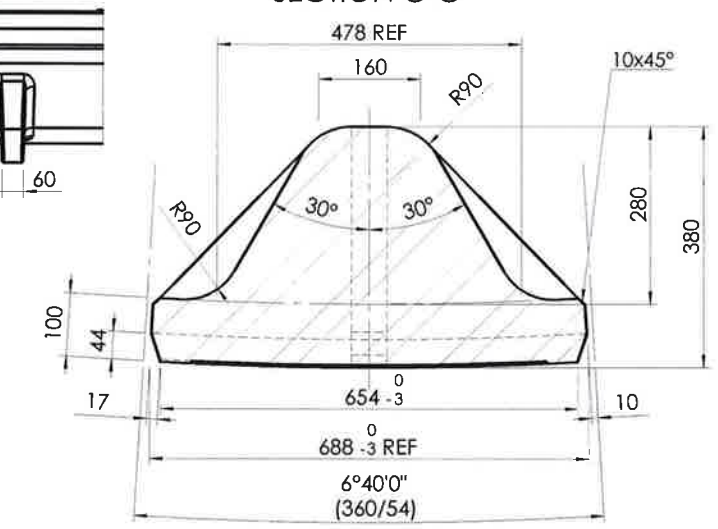
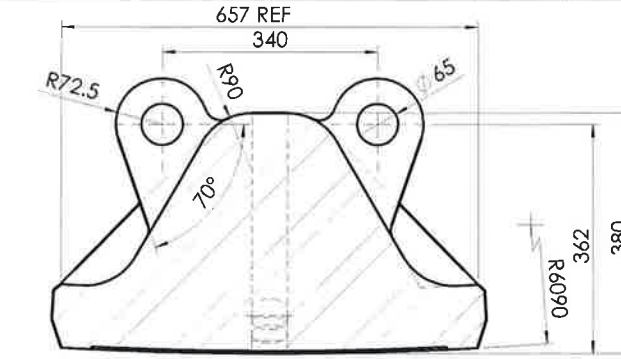
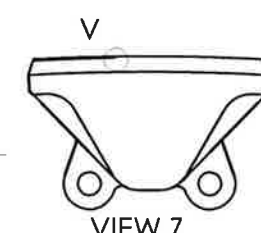
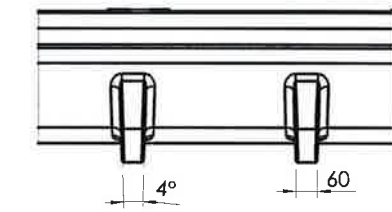
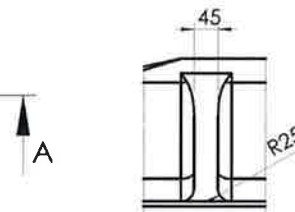
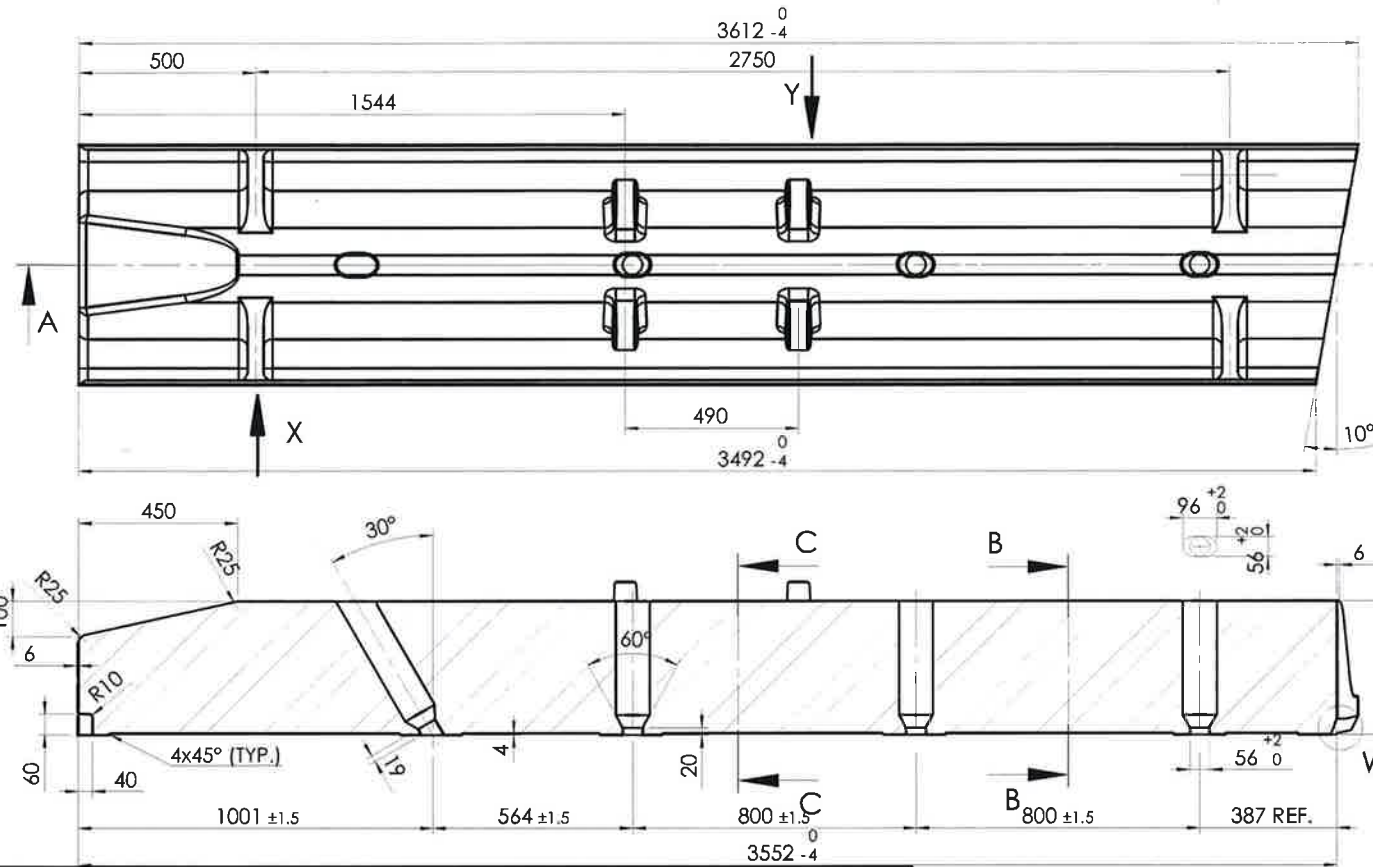
TELEFONO: (511) 517-0000

517-455

A3

REV: 1

ITEM	QTY.	P.D.B.	DESCRIPTION	MATERIAL	REF.	WT (Kg)
5	27	517-456-A	FEED SHELL LINER (HIGH) 30° FACE	CHROME MOLY ST.		4426



APPROVED
Fundicion Callao S.A.
David Cristobal
16/August/2011

4- Material & Hardness: FUNCAL SPEC. MAT. 300.012
3- ASSEMBLY DRAWING Nº 517-455
2- BREAK CORNERS R6 mm.
1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)

SELLER DOCUMENT REVIEW

SECTION A-A

Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.

1	Work may proceed	3	Revise & Resubmit. Work may NOT proceed
40		4	Review not required. Work may proceed
103	Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes	5	Cancelled / Superseded
Document Status: 1			
Reviewer Name: Cesar Gonzalez		Date: 08-Nov-11	
Discipline: EM - Mechanical		Doc Type Code: VIA	
Job # 25580-220		VP # 25580-220-V1A-MFMS-00160	
Subm 003		Equip # 0310-MLS-0001-C0B7 ;	
Program # 420-0115-SAM;			
Job #		VP #	
SEQ #		Equip #	

THE INFORMATION TRANSMITTED BY THIS DOCUMENT IS PROPERTY OF FUNDICION CALLAO S.A. AND MAY NOT BE DUPLICATED WITHOUT WRITTEN CONSENT FROM FUNDICION CALLAO S.A.

DATE	REV.	APP.	CHANGE DESCRIPTIONS
14/08/11	1	D. Cristobal	General Revision, Material specification and lifting lug updated
21/05/11	0	D. Cristobal	Issued

NAME	DATE	CUSTOMER
DRAWN J.C.C.	02/02/11	
CHECKED D.C.D.	02/02/11	
APPROVED D.Cristobal	21/05/11	

FL SMITH S.A.C.
SAG MILL 40' x 25'
FEED SHELL LINER (HIGH) 30° FACE
- ALTERNATIVE "C"

FUNDICION CALLAO S.A.
DEPARTAMENTO TECNICO
AV. ARGENTINA 3719 - CALLAO
TELEFONO: (511) 517-0000
DWG Nº **517-456**
A3
REV 1

PROJECT: ANTAPACCAY - TINTAYA
EXPANSION
P.O. NUMBER: 25580-220-POA-MFMS-00001
EQUIPMENT: SAG MILL
EQUIPMENT NO.: 0310-MLS-0001

CERTIFIED FOR CONSTRUCTION
SIGNATURE *David Cristobal*
DATE 25OCT2011

DRAWING NO. 69010305, Sht. 1, Ver. 3.0

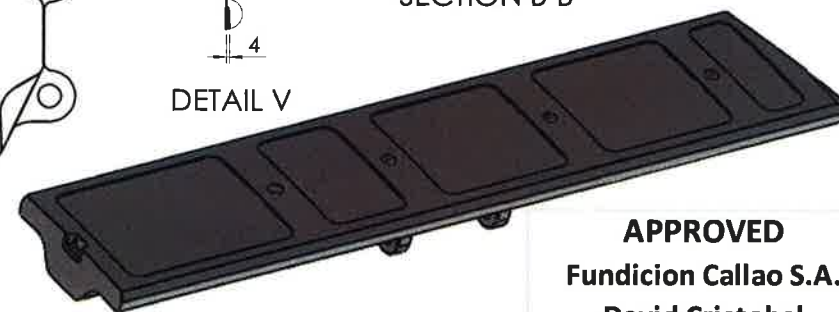
Technical drawing of a mechanical assembly, showing a top view and a side view.

Top View:

- Overall width: 3612 ± 0.4
- Overall length: 3492 ± 0.4
- Distance between vertical slots: 490
- Distance from left edge to first slot: 500
- Distance from first slot to second slot: 1530

Side View:

- Overall width: 3552 ± 0.4
- Distance from left edge to first slot: 1001 ± 1.5
- Distance between slots: 564 ± 1.5
- Distance from last slot to right edge: 387 REF.
- Slot width: 490
- Slot depth: 4
- Chamfer angle: 60°
- Chamfer angle: 30°
- Chamfer dimension: $4 \times 45^\circ \text{ (TYP.)}$
- Radius: $R10$
- Dimension: 60
- Dimension: 40
- Dimension: 6
- Dimension: 96 ± 0.2
- Dimension: 56 ± 0.2
- Dimension: 56 ± 0.2
- Dimension: 20



4- Material & Hardness: FUNCAL SPEC. MAT. 300.012
3- ASSEMBLY DRAWING N° 517-455
2- BREAK CORNERS R6 mm.
1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)

SELLER DOCUMENT REVIEW

90
180
180
180
150
200
108

Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.

50
140
76
102
100

Work may proceed

Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes

Document Status: **1**

Reviewer Name: **Cesar Gonzalez**

Discipline: **EM - Mechanical**

Job # **25580-220**

Subm **003**

Program # **420-0115-SAM;**

Job # _____

SEQ # _____

3 Revise & Resubmit. Work may NOT proceed

4 Review not required. Work may proceed

5 Cancelled / Superseded

Date: **08-Nov-11**

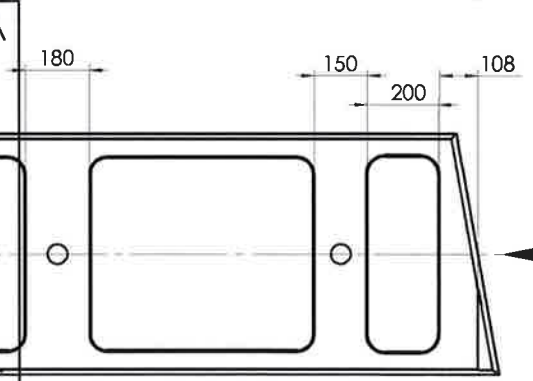
Doc Type Code: **V1A**

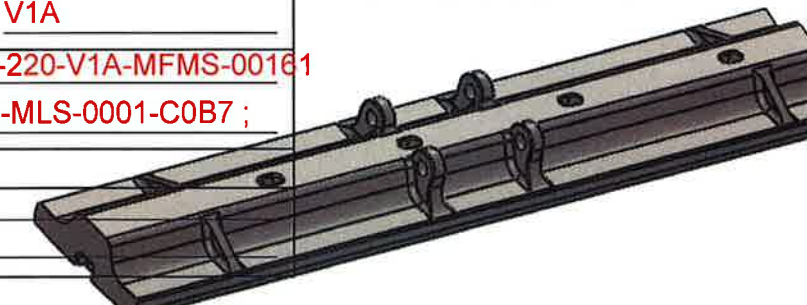
VP # **25580-220-V1A-MFMS-00161**

Equip # **0310-MLS-0001-C0B7 ;**

VP # _____

Equip # _____



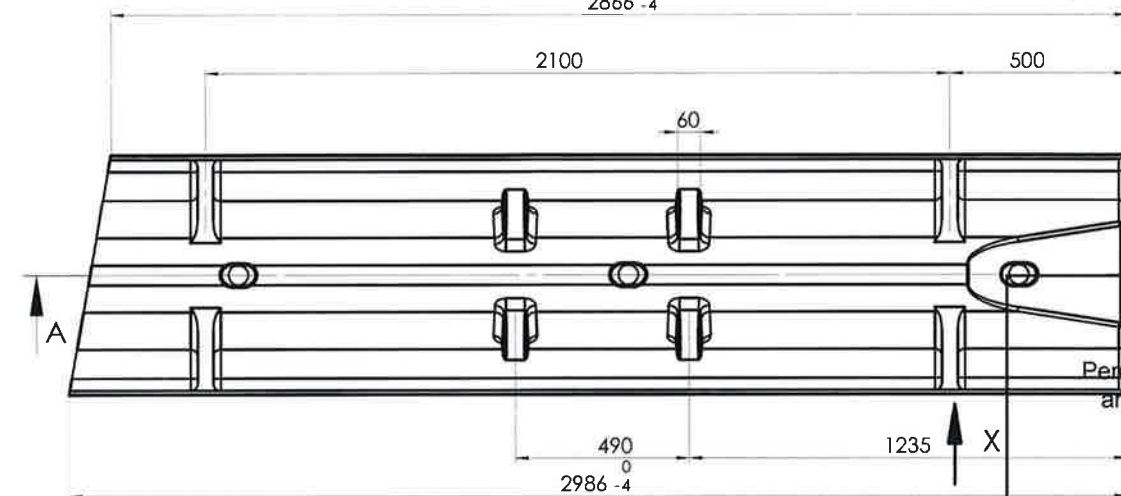


THE INFORMATION TRANSMITTED BY THIS DOCUMENT IS PROPERTY OF FUNDICION CALLAO S.A. AND MAY NOT BE DUPLICATED WITHOUT WRITTEN CONSENT FROM FUNDICION CALLAO S.A.

CHANGE DESCRIPTIONS

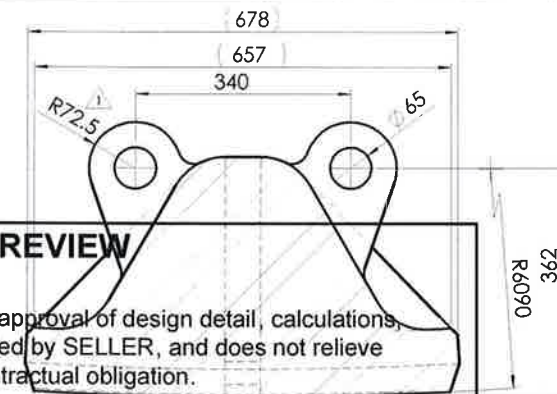
FLSMIDTH
DRAWING NO. 69010306, Sht. 1, Ver. 3.0

ITEM	QTY.	P.D.B.	DESCRIPTION	MATERIAL	REF.	WT (Kg)
7	27	517-458-A	DISCHARGE SHELL LINER (HIGH) 30° FACE	CHROME MOLY ST.		3651



SELLER DOCUMENT REVIEW

Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.



SECTION C-C

1 Work may proceed

3 Revise & Resubmit. Work may NOT proceed

2 Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes

4 Review not required. Work may proceed

5 Cancelled / Superseded

Document Status: 1

Reviewer Name: Cesar Gonzalez

Discipline: EM - Mechanical

Job # 25580-220

Subm 003

80Program # 420-0115-SAM;

Job #

SEQ #

Date: 08-Nov-11

Doc Type Code: V1A

Doc # 25580-220-V1A-MFMS-00162

Equip # 0310-MLS-0001-C0B7;

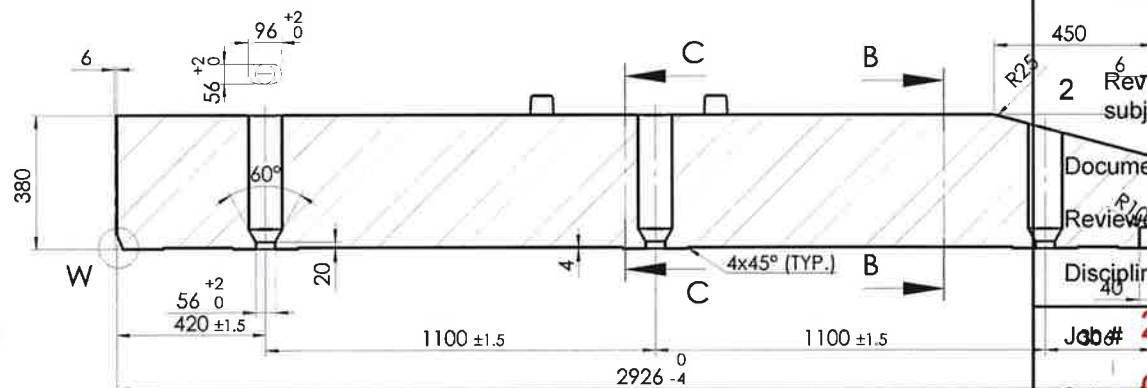
VP #

Equip #

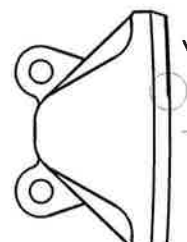
SECTION B-B



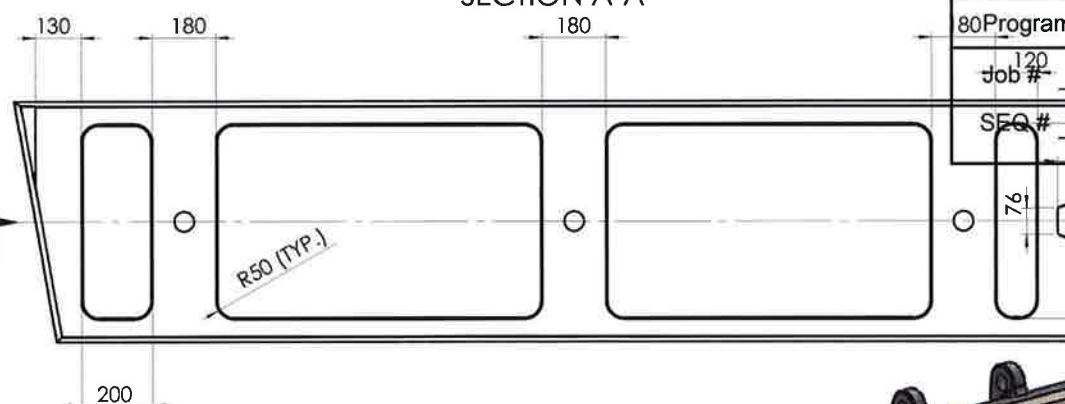
DETAIL W



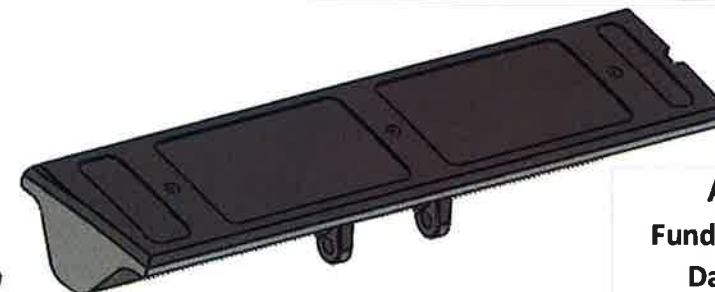
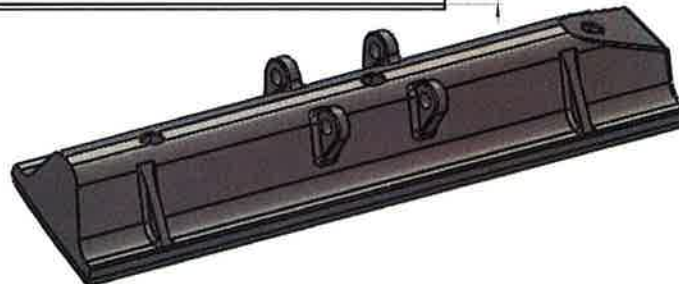
SECTION A-A



VIEW Z



DETAIL V



APPROVED
Fundicion Callao S.A.
David Cristobal
16/August/2011

4-Material & Hardness: FUNCAL SPEC. MAT. 300.012
3- ASSEMBLY DRAWING N° 517-455
2- BREAK CORNERS R6 mm.
1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)

THE INFORMATION TRANSMITTED BY THIS DOCUMENT IS PROPERTY OF FUNDICION CALLAO S.A. AND MAY NOT BE DUPLICATED WITHOUT WRITTEN CONSENT FROM FUNDICION CALLAO S.A.

15/08/11	1	D. Cristobal	General revision. Material specification and lifting lug updated
21/05/11	0	D. Cristobal	Issued
DATE	REV.	APP.	

CHANGE DESCRIPTIONS

NAME	DATE	CUSTOMER:
DRAWN J.C.C.	02/02/11	
CHECKED D.C.D.	02/02/11	
APPROVED D. Cristobal	21/05/11	

FL SMITH S.A.C.

SAG MILL 40' x 25'

DISCHARGE SHELL LINER (HIGH) 30° FACE
- ALTERNATIVE "C"

TAKEN FROM :

FUNDICION CALLAO S.A.

DEPARTAMENTO TECNICO

AV. ARGENTINA 3719 - CALLAO
TELEFONO: (511) 517-0000

DWG N°:

517-458

A3

REV. 1

PROJECT: ANTAPACCAY - TINTAYA
EXPANSION

P.O. NUMBER: 25580-220-POA-MFMS-00001

EQUIPMENT: SAG MILL

EQUIPMENT NO.: 0310-MLS-0001

CERTIFIED FOR CONSTRUCTION

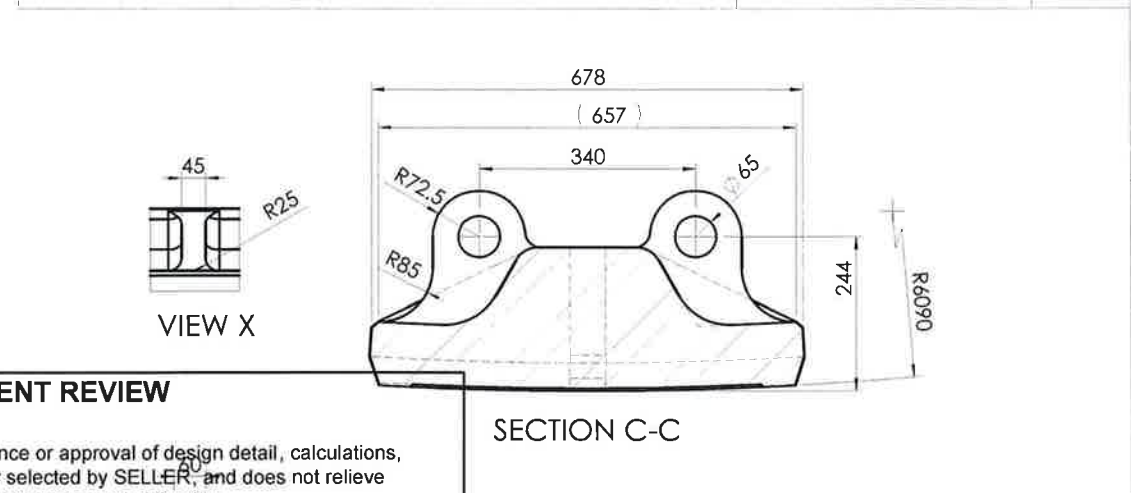
SIGNATURE

DATE 25OCT2011

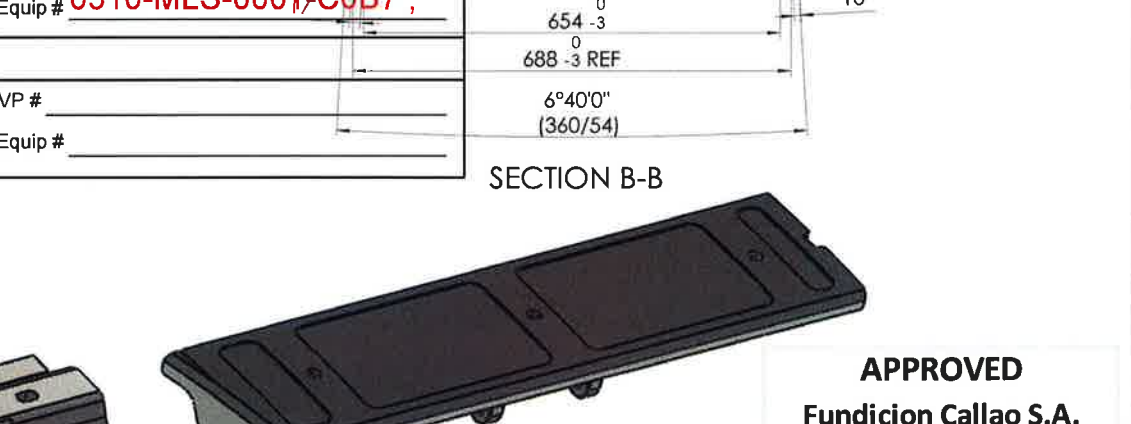
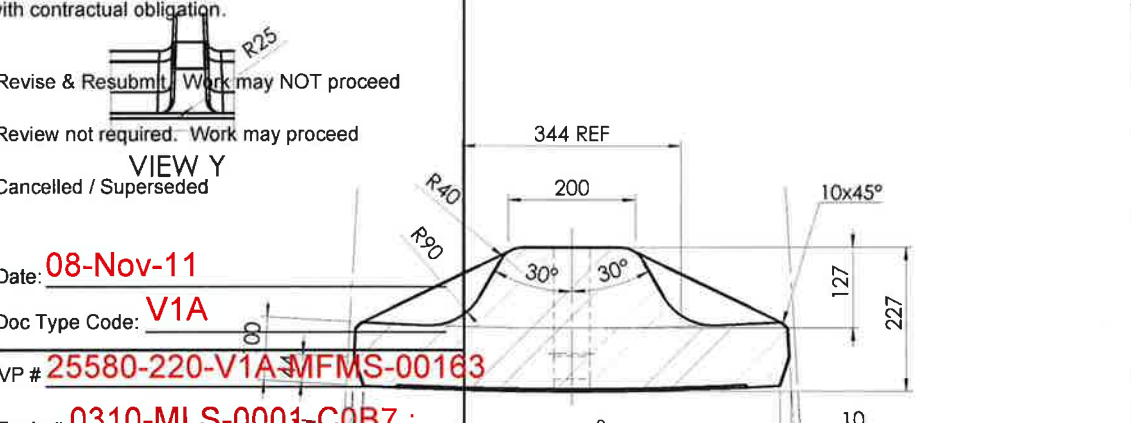
FLSMIDTH

DRAWING NO. 69010307, Sht. 1, Ver. 3.0

PROJECT: ANTAPACCAY - TINTAYA
EXPANSION
P.O. NUMBER: 25580-220-POA-MFMS-00001
EQUIPMENT: SAG MILL
EQUIPMENT NO.: 0310-MLS-0001



1	Work may proceed	3	Revise & Resubmit. Work may NOT proceed
2	Revise & Resubmit. Work may proceed subject to incorporation of changes	4	Review not required. Work may proceed
		5	Cancelled / Superseded



4- Material & Hardness: FUNCAL SPEC. MAT. 300.012
3- ASSEMBLY DRAWING N° 517-455
2- BREAK CORNERS R6 mm.
1- ALL DIMENSIONS ARE IN METRIC UNITS (mm)

F	16/08/11	1	D Cristobal	General revision, Material specification and lifting lug updated ISSUED
	21/05/11	0	D Cristobal	
	DATE	REV.	APP.	

		CUSTOMER		FUNDICION CALLAO S.A.	
NAME	DATE	FL SMITH S.A.C.		DEPARTAMENTO TECNICO	
DRAWN	J.C.C.	02/02/11	SAG MILL 40" x 25"		
CHECKED	D.C.D.	02/02/11	DISCHARGE SHELL LINER (LOW) 30° FACE		
APPROVED	D Critiobol	21/05/11	- ALTERNATIVE "C"		
TAKEN FROM :					
			AV. ARGENTINA 3719 - CALLAO TELFONO: (511) 517-0000 DWG. N° 517-459		
			A3 REV. 1		

15min

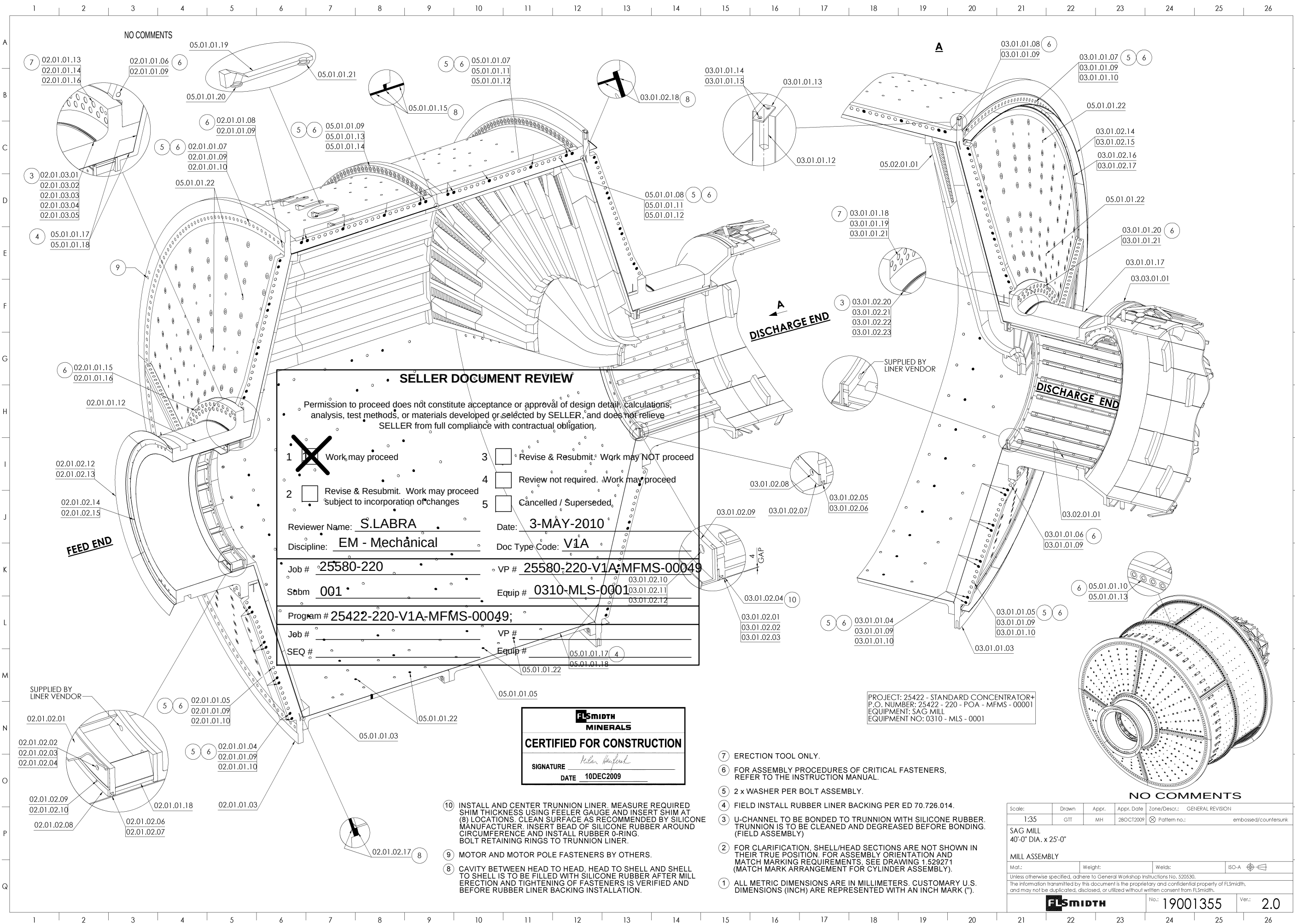
CERTIFIED FOR CONSTRUCTION

SIGNATURE Kelen M. Galt

DATE 26OCT2011

FLSMIDTH

DRAWING NO. 69010308, Sht. 1, Ver. 3.0



SELLER DOCUMENT REVIEW

Permission to proceed does not constitute acceptance or approval of design detail, calculations, analysis, test methods, or materials developed or selected by SELLER, and does not relieve SELLER from full compliance with contractual obligation.

1 ☒ Work may proceed

2 ☐ Revise & Resubmit. Work may proceed Subject to incorporation of changes

3 ☐ Revise & Resubmit. Work may NOT proceed

4 ☐ Review not required. Work may proceed

5 ☐ Cancelled / Superseded

Reviewer Name: S.LABRA Date: 3-MAY-2010

Discipline: EM - Mechanical Doc Type Code: V1A

Job # 25580-220 VP # 25580-220-V1A-MFMS-00049

Subm 001 Equip # 0310-MLS-0001

Program # 25422-220-V1A-MFMS-00049

Job # _____ VP # _____

SEQ # _____ Equip # _____

FLSMIDTH MINERALS

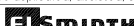
CERTIFIED FOR CONSTRUCTION

SIGNATURE *Ketan Bhambhani*

DATE 10DEC2009

- 7 ERECTION TOOL ONLY.
- 6 FOR ASSEMBLY PROCEDURES OF CRITICAL FASTENERS, REFER TO THE INSTRUCTION MANUAL.
- 5 2 x WASHER PER BOLT ASSEMBLY.
- 4 FIELD INSTALL RUBBER LINER BACKING PER ED 70.726.014.
- 3 U-CHANNEL TO BE BONDED TO TRUNNION WITH SILICONE RUBBER. TRUNNION IS TO BE CLEANED AND DEGREASED BEFORE BONDING. (FIELD ASSEMBLY)
- 2 FOR CLARIFICATION, SHELL/HEAD SECTIONS ARE NOT SHOWN IN THEIR TRUE POSITION. FOR ASSEMBLY ORIENTATION AND MATCH MARKING REQUIREMENTS, SEE DRAWING 1.529271 (MATCH MARK ARRANGEMENT FOR CYLINDER ASSEMBLY).
- 1 ALL METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. CUSTOMARY U.S. DIMENSIONS (INCH) ARE REPRESENTED WITH AN INCH MARK (").

- 10 INSTALL AND CENTER TRUNNION LINER. MEASURE REQUIRED SHIM THICKNESS USING FEELER GAUGE AND INSERT SHIM AT (8) LOCATIONS. CLEAN SURFACE AS RECOMMENDED BY SILICONE MANUFACTURER. INSERT BEAD OF SILICONE RUBBER AROUND CIRCUMFERENCE AND INSTALL RUBBER O-RING. BOLT RETAINING RINGS TO TRUNNION LINER.
- 9 MOTOR AND MOTOR POLE FASTENERS BY OTHERS.
- 8 CAVITY BETWEEN HEAD TO HEAD, HEAD TO SHELL AND SHELL TO SHELL IS TO BE FILLED WITH SILICONE RUBBER AFTER MILL ERECTION AND TIGHTENING OF FASTENERS IS VERIFIED AND BEFORE RUBBER LINER BACKING INSTALLATION.

Scale:	Drawn	Appr.	Appr. Date	Zone/Descr.:	GENERAL REVISION
1:35	GTT	MH	28OCT2009	⊗ Pattern no.:	embossed/countersunk
SAG MILL 40'-0" DIA. x 25'-0"					
MILL ASSEMBLY					
Mat.:	Weight:		Welds:		ISO-A 
Unless otherwise specified, adhere to General Workshop Instructions No. 520530.					
The information transmitted by this document is the proprietary and confidential property of FLSmidth, and may not be duplicated, disclosed, or utilized without written consent from FLSmidth.					
			No.:	19001355	Ver.: 2.0