

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**FABRICACION Y MONTAJE DE EQUIPOS PARA UNA
PLANTA DE MOLIENDA DE CARBÓN DE 45 TPH**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

JUAN ANTONIO VILLAR GARCÍA

PROMOCION 2001-II

LIMA-PERU

2009

INDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	3
1.1 Descripción de la Planta	3
1.1.1 Antecedentes del Proyecto	3
1.1.2 Organización de Fabricación y Montaje de Planta de Molienda de Carbón	20
1.2 Objetivo21	
1.2.1 Objetivo General	21
1.2.2 Objetivos Específicos	21
1.3 Justificación e importancia del estudio	21
1.4 Alcance del proyecto	22
CAPITULO II	
MARCO TEORICO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EQUIPOS E	
INSTALACIONES	23
2.1 Marco de Referencia para el proceso de Fabricación	23
2.1.1 Normas para el proceso de Fabricación	25
2.1.2 Normas para el proceso de soldado	26
2.1.3 Normas para el proceso de pintado	26
2.1.4 Certificación de Materiales	28
2.2 Proceso de fabricación	30
2.2.1 Habilidadación de materiales	
2.2.2 Proceso de corte	33
2.2.3 Proceso de armado	33
2.2.4 Proceso de control dimensional	33
2.2.5 Proceso de Soldadura	34
2.2.6 Proceso de enderezado	34
2.2.7 Proceso de Arenado	34

III

2.2.8.	Proceso de pintado	35
2.3	Control de calidad	35
2.3.1	Norma ISO	35
2.3.2	Sistema ISO 9000	36
2.3.3	Definiciones Importantes de Calidad	37
2.3.4	Puntos de Inspección	39
2.3.5	Control Dimensional	42
2.3.6	Control de la Soldadura	43
2.3.7	Control de la Pintura	44
2.4	Pruebas y ensayos	49
2.4.1	Prueba de la Soldadura	49
2.4.2	Pruebas de la Pintura	51
2.5	Control de avance del trabajo	52
2.5.1	Tarea diaria	53
2.5.2	Uso de equipos	55
2.5.3	Uso de consumibles	55
CAPITULO III		
IDENTIFICACION DEL PROBLEMA		56
3.1	Descripción de la problemática	56
3.2	Definición económica del proyecto	57
3.3	Planteamiento del problema	58
CAPITULO IV		
DESARROLLO DE LA FABRICACIÓN DE EQUIPOS PARA EL MONTAJE		59
4.1	Planificación de actividades	59
4.2	Equipos empleados	59
4.3	Distribución del personal	61
4.4	Consumibles empleados	64
4.5	Equipos fabricados	68

4.5.1-	Filtro de Mangas.	68
4.5.1.1	Descripción y características.	67
4.5.2	Transportador de cadena	74
4.5.2.1	Descripción y características.	74
4.5.2.2	Tipos	78
4.5.3	Trituradora de martillos de Impacto	79
4.5.3.1	Descripción y características.	79
4.5.3.2	Tipos	80
4.5.4	Ventilador de Tiro	80
4.5.4.1	Descripción y características.	80
4.5.4.2	Tipos	81
CAPITULO V		
EJECUCION DEL MONTAJE DE EQUIPOS		84
5.1	Planificación del Montaje	84
5.1.1	Equipos empleados	84
5.1.2	Distribución del Personal	84
5.1.3	Uso de Consumibles	88
5.2	Verificación de las Obras Civiles	88
5.2.1	Verificación de las Bases de Equipos	88
5.2.2	Replanteo de Obras Civiles	88
5.3	Montaje de Equipos Principales	89
5.3.1	Montaje del Molino de Bolas	91
5.3.1.1	Planificación del montaje	91
5.3.1.2	Montaje de molino	91
5.3.2	Montaje del Filtro de Mangas	92
5.3.2.1	Planificación del montaje	92
5.3.2.2	Montaje del filtro de mangas	92
5.3.3	Montaje del Ventilador de Tiro	93

5.3.3.1	Planificación del montaje	93
5.3.3.2	Montaje del ventilador	93
5.3.4	Montaje del Separador Estático	93
5.3.4.1	Planificación del montaje	93
5.3.4.2	Montaje de separador estático	94
5.3.5	Montaje del Transportador de Cadena	94
5.3.5.1	Planificación del montaje	94
5.3.5.2	Montaje del transportador de cadenas	94
5.4	Control de Calidad	95
5.4.1	Reporte de Alineamiento de Equipos	95
5.4.2	Ensayos No Destructivos	95
5.4.3	Prueba de Equipos	95
5.5	Seguimiento y Control del Proyecto	96
5.5.1	Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto	96
5.5.2	Verificación del alcance del proyecto	97
5.5.3	Control del cronograma establecido	98
5.5.4	Control de costos del proyecto	98
5.5.5	Control de calidad del proyecto	98
5.5.6	Seguimiento y control de riesgos del proyecto	99
5.5.7	Administración del contrato	99
5.6	Criterios de seguridad aplicados al proyecto	99
5.6.1	Análisis de Riesgo Ocupacional	99
5.6.2	Análisis Seguro de Trabajo	105
5.6.3	Charlas de Seguridad	105
5.6.4	Equipos de Seguridad utilizados	105

CAPITULO VI

ESTRUCTURA DE COSTOS 107

6.1	Estructura de Costos	107
-----	----------------------	-----

6.1.1	Costos Directos	111
6.1.1.1	Costo de la Hora Hombre	111
6.1.1.2	Costo de Herramientas y Equipos	111
6.1.1.3.	Costos de Equipos de Terceros	111
6.1.1.4.	Costo de Material Consumible	111
6.1.1.5.	Costo de Material Permanente	112
6.1.1.6.	Costo de Subcontratos	112
6.1.2.	Costos Indirectos	112
6.1.2.1.	Costo del Personal Indirecto	112
6.1.2.2.	Costos de Movilización y Desmovilización	112
6.1.2.3.	Costos de Equipos de Topografía	112
6.1.2.4.	Costo de Comunicaciones y Equipos de cómputo	112
6.1.2.5.	Costos de Artículos de Oficina	113
6.1.2.6.	Costo de Vehículos	113
6.1.2.7.	Costo de Mantenimiento	113
6.1.2.8.	Costo de Servicios	113
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		114
BIBLIOGRAFIA		116
PLANOS		
APENDICE		

PROLOGO

El presente informe desarrolla el tema de Fabricación y Montaje de la Planta de Carbón de una Empresa Cementera, en sus instalaciones ubicadas en la localidad de Condorcocha, distrito La Unión, provincia de Tarma, departamento de Junín, a una altura aproximada de 3850 msnm. La participación que se tuvo en el proyecto fue primero como jefe de la sección de calidad, y posteriormente como jefe de producción y montaje de equipos e instalaciones metal mecánicas. El informe consta de seis capítulos:

En el **primer capítulo** se describe los trabajos del proyecto, objetivo, alcance y limitaciones que contempla el presente informe.

En el **segundo capítulo** se detallan las bases teóricas que sustentan el proceso de fabricación de los equipos e instalaciones, enumerándose las normas que rigen el proyecto así como los controles a realizar durante los trabajos de fabricación y sus criterios de aceptación.

En el **tercer capítulo** se establecen los lineamientos para la identificación del problema y los criterios para la implementación del proyecto.

En el **cuarto capítulo** se desarrolla el proceso de fabricación para los diferentes equipos que forman parte del proyecto, indicándose el proceso de planificación y los controles aplicados.

El **quinto capítulo** trata sobre la instalación de los diferentes equipos fabricados en donde se indica el proceso de planificación del montaje y los criterios para la aceptación de los mismos, también se

aborda el tema de seguimiento y control en el aseguramiento del cumplimiento del cronograma del proyecto. Además se incluye el tema de seguridad, centrándose en el análisis de riesgo en el desarrollo del proyecto.

En el **sexto capítulo** se presenta la estructura de costos del presente proyecto.

Se culmina el presente informe con las conclusiones y recomendaciones generadas a consecuencia del desarrollo del proyecto.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo describe el proceso de fabricación y montaje de la planta de carbón para una empresa Cementera, el mismo que se enmarca en el ámbito de inversión nacional en tecnología, pues la totalidad de los equipos instalados fueron concebidos y fabricados en el país con el consiguiente impacto en el desarrollo socio – económico de las diversas zonas de explotación del carbón ubicadas en la región y el país.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

1.1.1. Antecedentes del Proyecto

Para el desarrollo del proyecto, se ha considerado instalar un molino de bolas usado (marca Allis-Chalmers de Ø12' x 18' de longitud recientemente adquirido), así como evaluar la posibilidad de reutilizar y la adecuación de equipos existentes, tales como el reductor y motor eléctrico para el accionamiento del molino Allis-Chalmers, las bombas y compresoras Fuller para el transporte neumático, y filtros jet pulse de Intensiv Filter para el desempolvado, entre otros.

A fin de minimizar costos y reducir plazos, se le ha encargado a una empresa especializada el desarrollo de la ingeniería para la fabricación local de la mayoría de equipos, tales como la trituradora de martillos, el separador estático, el filtro de mangas, las cadenas de transporte, las fajas transportadoras, los transportadores

helicoidales, entre otros, de modo que se puedan montar y poner en funcionamiento en el menor tiempo posible.

Descripción del proyecto

La infraestructura física requerida para el proyecto completo se puede dividir en dos áreas principales, a saber:

La Cancha de Almacenamiento de Carbón

La Planta de Molienda de Carbón propiamente dicha

1. CANCHA DE ALMACENAMIENTO DE CARBÓN

La cancha de almacenamiento de carbón en bruto, tanto del bituminoso importado, como del semi-antracítico procedente de Oyón, se ubicará dentro de los linderos de la propiedad de la Cementera con una capacidad suficiente para permitir una autonomía de operación de 30 días. Ubicada cercanamente a la Planta de Molienda de Carbón.

Los elementos límite considerados dentro de esta área (siguiendo el flujo de material), son: en primer lugar, la tolva de recepción de camiones (o a futuro la tolva de recepción de vagones de ferrocarril) y como último elemento, el chute pantalón ubicado a la descarga de la faja de recuperación, justo antes de las tolvas de almacenamiento de la Planta de Molienda.

Las partes constitutivas de la Cancha de Almacenamiento son las siguientes:

- **Tolva de Recepción de Camiones**

Contará con paredes y techo de protección contra la lluvia y el viento y una loza apropiada para recibir los camiones volquete cargados con el carbón

en bruto. En parte superior estará dotada de una parrilla metálica amortiguada para minimizar el ingreso de materiales extraños y limitar el tamaño máximo de partícula permitida. Bajo dicha parrilla se encontrará la tolva propiamente dicha, construida de concreto en la parte superior y de acero en la inferior. Bajo la tolva se tendrá una cámara amplia, donde se ubicará el alimentador vibratorio de descarga con espacio suficiente para su instalación y mantenimiento.

- **Túnel de transferencia**

Es de concreto armado, conecta la cámara ubicada bajo la tolva de recepción con la superficie. En este túnel se instalará la primera parte de la faja de transferencia.

- **Alimentador vibratorio de descarga**

Se ubicará en la parte inferior de la tolva de recepción de camiones, y descargará el material en forma uniforme a un régimen predeterminado. Contará con una compuerta de agujas de accionamiento manual para aislamiento, en casos de mantenimiento o reparación y la tolva se encuentre con material.

- **Faja de transferencia**

Recibirá el material procedente del alimentador vibratorio ubicado bajo la tolva de recepción de camiones, y lo transportará hasta la faja apiladora ubicada sobre la cancha de almacenamiento. El carbón transportado por la faja de transferencia se pesará en una balanza electrónica para faja. Estará protegido contra el viento y la lluvia mediante una cobertura a lo largo de toda su longitud expuesta.

- **Faja apiladora**

Será del tipo reversible y móvil, recibirá el carbón de la faja de transferencia y lo podrá descargar y distribuir a lo largo de la cancha de almacenamiento. Esta faja estará ubicada al interior de una galería, por lo que su protección se hallará incorporada a la estructura de la galería.

- **Cancha de Almacenamiento**

Lugar donde se depositará el carbón recibido previsto para el almacenamiento de dos tipos de carbón. Contará con un sistema de drenaje para la evacuación de las aguas de lluvia (con presencia de partículas finas de carbón) que se transportarán a una poza prevista para tal fin.

- **Túnel de recuperación**

Elemento estructural de concreto armado, ubicado bajo la cancha de almacenamiento. Llevará en su interior los alimentadores vibratorios y la parte inicial de la faja de recuperación. El túnel será construido con tolvas en el techo, dispuestas de manera equidistante, apropiadas para recuperar el carbón desde la cancha y entregarlo a los alimentadores vibratorios de recuperación.

- **Alimentadores vibratorios de recuperación**

Recuperan el material de la cancha de almacenamiento y lo entregan a la faja de recuperación. Serán ubicados en la parte superior del túnel, debajo de las tolvas de recuperación, aislados de éstas, mediante unas compuertas de agujas de accionamiento manual, para los casos que se requiera hacerles mantenimiento o reparación.

- **Faja de recuperación**

Equipo encargado de recibir el material de los alimentadores de recuperación y llevarlo a las tolvas de almacenamiento de la Planta de Molienda. Llevará una cubierta de protección contra la lluvia y viento, en toda su longitud expuesta. La entrega del material a las tolvas de almacenamiento será controlada por medio de una balanza (electrónica) para faja. La distribución del carbón hacia una u otra tolva, se realizará vía un chute pantalón, con su respectiva compuerta motorizada de dos posiciones.

- **Separador magnético y detector de metales**

Instalados en la faja de recuperación, se instalaran como medios de protección para minimizar la posibilidad de presencia de elementos metálicos (ferromagnéticos y diamagnéticos) en el carbón entregado a las tolvas. El detector de metales actuará sobre una compuerta de desvío que removerá automáticamente el material contaminado del sistema sin detener la operación de alimentación.

2. PLANTA DE MOLIENDA DE CARBÓN PROPIAMENTE DICHA

La Planta de Molienda de Carbón será una unidad operativamente independiente, cuya finalidad será la producción de carbón pulverizado a partir del carbón en bruto recibido de la Cancha de Almacenamiento de Carbón, el mismo que una vez procesado, será entregado a los Silos de Almacenamiento de Carbón (pulverizado) existentes en la planta Cementera. A los silos de almacenamiento, el material pulverizado llega a través de tuberías de transporte neumático, con una válvula de compuerta manual en cada línea, antes de la entrada al silo. Forma parte de la Planta de Molienda, la tubería de gases calientes, cuya misión es la de captar los gases a la salida del intercambiador

del Horno 3; habiéndose considerado, como alternativa operativa, la posibilidad de tomar dichos gases de la salida del intercambiador del Horno 2. Si bien estos últimos presentan una menor temperatura, permitirían continuar, la operación y producción de la Planta de Molienda con algunas limitaciones.

La Planta de Molienda, se ha dividido en las siguientes secciones ó sistemas principales:

- a. Sistema de Alimentación y Dosificación.
- b. Sistemas de Trituración, Clasificación y Molienda.
- c. Sistema de Colección de Producto Final.
- d. Sistema de Transporte Neumático.
- e. Sistema de Gases Calientes.
- f. Sistemas Auxiliares.
- g. Sistema de aire Comprimido
- h. Sistema de Refrigeración
- i. Sistema de Agua Contra Incendio
- j. Sistema de Izaje
- k. Sistema de ventilación

Los principales elementos constitutivos de cada uno de estos sistemas o sectores así como su función principal, se indican a continuación:

a. Sistema de Alimentación y Dosificación

Como parte de este sector se incluyen los siguientes elementos principales:

• **Tolvas de Almacenamiento**

Son los elementos que recibirán el carbón en bruto desde la cancha de almacenamiento, para su posterior dosificación y conducción al sistema de molienda. Se han previsto dos (2) tolvas independientes, de modo de poder

almacenar dos (2) tipos de carbón. Como elementos de control, cada una de estas tolvas contará con sus respectivas celdas de pesaje y tablero de control.

- **Dosificadores**

Debajo de cada tolva se instalará un dosificador de faja, a fin de regular y fijar el porcentaje óptimo de mezcla de los dos tipos de carbón que se van a moler. Los dosificadores descargarán a un transportador de cadena. Se ha previsto la instalación de compuertas de agujas de accionamiento manual como elemento de aislamiento entre las tolvas y los dosificadores, para los eventuales trabajos de mantenimiento o reparación de los últimos (con presencia de material en las tolvas), así como para una eventual regulación o limitación de la cama de material sobre los mismos.

- **Transportador de Cadena de Alimentación**

Este equipo, además de transportar el material recibido de los alimentadores hacia el chute de descarga que alimentará la trituradora, propiciará el sello requerido por el sistema (que trabaja en depresión), para minimizar el ingreso de aire fresco (con mayor porcentaje de oxígeno) al sistema de molienda. Como elemento de sello adicional del sistema, se instalará una compuerta doble pendular en el chute de alimentación a la trituradora.

b. Sistemas de Trituración, Clasificación y Molienda.

Comprende los siguientes equipos:

- **Trituradora de Martillos**

Es el equipo de molienda primaria del carbón. A la trituradora ingresarán, conjuntamente con el carbón, los gases calientes provenientes del intercambiador del Horno 3 (alternativamente del Horno 2), los que, por tener alta temperatura y un comportamiento de gases inertes (por su bajo

contenido de O₂ y CO), servirán para el secado del carbón y como elemento de transporte del mismo, entre la trituradora, el separador estático y el filtro de mangas, sin riesgo de explosión.

El material procesado por la trituradora será arrastrado, por el flujo de gases calientes, a través de un ducto ascendente (aislado térmicamente), hasta el separador estático, al cual ingresa por la parte central inferior.

- **Separador Estático (de Gravedad)**

Equipo que clasifica (separa) las partículas de carbón presentes en los gases, y lo hace hasta en tres etapas. La separación primaria se produce cuando el carbón, que ingresa con el flujo de gases por la parte inferior del separador, impactando contra la “cofia” de éste. Las partículas de mayor tamaño rebotan hacia los lados y salen del flujo de gases, cayendo a la tolva de descarga. Las partículas que continúan su ascenso con los gases experimentan dos separaciones adicionales. La separación secundaria se produce por gravedad, debido a la pérdida del arrastre de los gases por disminución de su velocidad, pues, conforme se va ascendiendo, el diámetro del separador y la sección van haciéndose mayores. Y como consecuencia de ello la mayor parte de partículas de carbón presentes en el gas caen a la tolva de descarga. La tercera etapa de separación, se realiza por efecto de una combinación de la fuerza centrífuga y de la fuerza de arrastre del gas. Las partículas más gruesas (que deben retornar) son impulsadas hacia la periferia del ciclón interno del separador, cayendo por gravedad hacia la base de éste, evacuándose a través de la ranura anular central, ingresando nuevamente al flujo de gases, donde los mayores caen a la tolva de descarga del separador y los más finos ascienden nuevamente, repitiéndose el proceso. El material fino que continua siendo arrastrado por el flujo de gases hacia el filtro de mangas, constituye el producto acabado o producto final.

Las partículas de carbón grueso (recirculante), que han alcanzado la tolva de descarga del separador son evacuadas a través de un chute con compuerta pendular hacia el transportador de cadena de recirculación, el que alimenta el molino de bolas.

La regulación del corte fino/grueso se consigue mediante la variación de la posición de los alabes internos del separador. Cuanto más cerrados, se tiene una mayor velocidad de rotación de los gases en su interior, obligando a las partículas cada vez más pequeñas a dirigirse a la tolva, es decir, a retornar al proceso, con lo que el producto acabado resulta cada vez más fino.

A fin de minimizar la pérdida de calor de los gases por las paredes del separador, el equipo será aislado térmicamente.

- **Transportador de Cadena de Recirculación**

El carbón recirculante evacuado del separador que alimenta este transportador, será llevado al molino de bolas, vía un chute con compuerta doble pendular para completar su proceso. Por las características de este equipo, sumado a la compuerta doble pendular, se minimiza el ingreso de aire falso al sistema.

- **Molino de Bolas**

Es el principal elemento responsable de la producción del carbón pulverizado, procesa la mayor cantidad de material hasta la dimensión final de partícula requerida. Como parte de este equipo se incluye al sistema de accionamiento, la catalina y el piñón motriz, el reductor y motor eléctrico principal, reductor y motor eléctrico auxiliar, acoplamiento, chumaceras, sistema de engrase de la catalina y piñón, sistema de lubricación de las chumaceras principales, el oído electrónico para control de la carga del molino y demás.

El carbón procesado por el molino, será descargado, vía un corto transportador helicoidal ubicado en su boca de salida, a un chute que forma

parte de la salida de la trituradora, transportándosele al separador estático para su clasificación.

- **Válvula de Explosión**

Se instala, como elemento de seguridad, en el ducto de salida de gases con polvo en la parte superior del separador. En caso se produzca una eventual explosión en el sistema, esta válvula se abriría, enviando la respectiva señal al sistema de control, evacuando en forma rápida los gases producto de la expansión, cerrándose inmediatamente para evitar el ingreso de aire ambiente. Cumple una función de protección, aminorando los efectos que este tipo de falla puede producir en los diferentes elementos del sistema.

c. **Sistema de Colección de Producto final.**

Los equipos que conforman este sistema son los siguientes:

- **Filtro de Mangas**

Encargado de colectar el polvo de carbón presente en los gases inertes que llegan al filtro, el mismo que será descargado por los pulsos de aire que se inyectan en contra flujo y generan una onda sónica (vibratoria) a lo largo de la manga a su paso por el venturi. El producto desprendido de las mangas caerá a la tolva piramidal del filtro, un transportador helicoidal ubicado en su parte inferior descargará el carbón a través de una compuerta rotativa, que a la vez sirve de elemento de sello impidiendo el ingreso de aire falso. El producto descargado por la rotativa se dirigirá a un transportador helicoidal secundario que llevará el carbón a la tolva de una de las bombas de transporte neumático. Como parte integrante de este equipo se incluyen también los elementos requeridos para el transporte y suministro (almacenamiento) del aire comprimido, tales como el tanque de almacenamiento, las líneas de aire comprimido, electro-válvulas, válvulas, válvulas de seguridad y demás.

Como elementos de protección, este equipo lleva incorporadas al cuerpo un conjunto de compuertas de explosión, que se abrirán ante la presencia de una sobre presión brusca, minimizando las posibilidades de colapso del filtro. A fin de evitar la condensación en el interior del filtro y reducir sus efectos, el filtro será aislado térmicamente en toda su superficie. Así mismo a fin de mantener una adecuada temperatura de los gases en su interior durante las paradas (para evitar condensación), se dispondrán resistencias de calefacción que se conectarán ante una parada del sistema.

- **Ventilador de Tiro**

Encargado de generar la depresión necesaria en todo el sistema, y el responsable de crear el flujo de gases calientes y/o de recirculación requerido para el proceso de molienda, desde la salida del intercambiador del Horno 3 (y alternativamente del Horno 2) hasta la Planta de Molienda. Por ser el último equipo en la línea de gases, es el encargado de evacuar los gases “fríos” y libres de carbón al ambiente, a través de la correspondiente chimenea.

- **Válvula de regulación**

Regula la succión necesaria para generar el caudal de gases calientes requeridos para el proceso. Se le ubica al ingreso al ventilador.

- **Válvula de Explosión en Derivación**

Elemento de protección adicional del filtro y del sistema. Se instalará en la línea de gases, inmediatamente antes de su ingreso al filtro. Permite evacuar al ambiente, conjuntamente con las válvulas de explosión, los gases del sistema ante presencia de una deflagración, contribuyendo a minimizar los efectos de ésta, a la vez de aislar parcialmente los elementos del circuito que se encuentran antes de ella, de los que se ubican posteriormente.

d. Sistema de Transporte Neumático.

Como elementos componentes de este sector se incluyen los siguientes:

- **Bombas de Transporte Neumático**

Los equipos del sistema de transporte neumático, reciben en su tolva superior, el material colectado por el filtro de mangas que es transportado hasta ellas. El carbón pulverizado es desplazado internamente mediante un transportador helicoidal con paso variable (que crea un sello de material que impide el flujo de aire a presión en sentido contrario), hacia la cámara de descarga, donde es impulsado por el aire comprimido (que a ella se alimenta), hacia la tubería de transporte neumático que lo llevará hacia los silos de almacenamiento. Se instalarán dos equipos similares que funcionarán alternadamente, de modo que mientras uno se halla en operación, el otro se encuentra como reserva.

- **Compresoras**

Producen el aire comprimido, requerido para el transporte neumático del carbón pulverizado y para el sellado de las bombas de transporte neumático. Al igual que para el caso anterior, se instalarán dos equipos que funcionarán alternadamente, de modo que mientras uno se halla en operación, el otro se encuentra como reserva.

- **Tuberías de Transporte neumático**

Transportan y distribuyen el carbón pulverizado (mediante la respectiva válvula direccional), junto con el aire comprimido, hacia los silos de almacenamiento de carbón pulverizado.

e. Sistema de Gases Calientes.

Los principales elementos que conforman este sistema son los siguientes:

- **Líneas de gases calientes**

El transporte de los gases calientes ,requeridos para el secado del carbón, son tomados a la salida del intercambiador del Horno 3 o alternativamente del Horno 2, y son transportados hasta la Planta de Molienda de Carbón mediante las líneas de gases calientes, conformadas principalmente, por un conjunto de ductos con sus respectivas válvulas de compuerta y de mariposa.

- **Ciclón Despolvorizador**

Como los gases calientes que salen de los intercambiadores presentan un elevado porcentaje de polvo de crudo, se ha previsto la instalación de un ciclón para desempolvado de éstos. Si bien es cierto, que dada la finura del polvo presente en estos gases, la eficiencia del ciclón será considerablemente reducida, este equipo representa la mejor alternativa técnico-económica como elemento de desempolvado, especialmente teniendo en cuenta que el crudo que ingresa al sistema de molienda de carbón (que se estima no superará el 5% de la producción de carbón pulverizado), no afecta el proceso de clinkerización, sino únicamente reduce ligeramente el poder calorífico del carbón, tal como ya se ha demostrado con las pruebas de producción realizadas con el carbón procesado en la planta de molienda de carbón de Cementos Lima, con un contenido de crudo similar.

La descarga del ciclón despolvorizador se realizará mediante una válvula rotativa, que descargará a un chute pantalón con compuerta de dos (2) posiciones. Cuando se trabaja con el Horno 3, la descarga alimentará la caja del airlift del Horno 2 que va al Silo de Homogenización del Horno 3. Cuando se toman los gases del Horno 2, el polvo recuperado se llevará a la faja reversible del Molino de Crudo 1 al Horno 3 o del Molino de Crudo 2 al Horno 2.

- **Válvulas de Compuerta**

Dos de estas válvulas, de dos posiciones (abierta/cerrada) se utilizarán para seleccionar la toma de gases calientes del intercambiador del Horno 3 ó alternativamente del Horno 2 y a la vez para aislar uno del otro, es decir, cuando la toma se realiza de la línea del Horno 3, la correspondiente al Horno 2 se debe mantener cerrada y viceversa. Adicionalmente, se utilizará para efectos de mantenimiento y permitir el ingreso de personal para limpieza. En la línea de gases calientes provenientes del Horno 2 se instalará otra compuerta similar, de aislamiento, que permitirá aislar el ducto entre la válvula de toma de gases y el ciclón despolvORIZADOR.

- **Válvulas de Mariposa**

Regulan el flujo de ingreso de gases calientes al sistema, se colocan en la línea de gases, inmediatamente antes de la trituradora. Adicionalmente, dado que como parte del proceso de molienda se hace uso de los gases para transporte del carbón entre equipos y para producir el tiro inducido del molino, se requiere de diversos ductos con sus respectivas válvulas de regulación a fin de mantener la adecuada distribución del flujo de gases y a temperaturas requeridos para la óptima operación del sistema.

- **Aislamiento térmico**

Sirven para minimizar la pérdida de calor de los gases, en el ciclón despolvORIZADOR y en todos los ductos, con excepción de la chimenea que evacua los gases del filtro de mangas al ambiente y los ductos con gases “fríos” de recirculación. Poseerán una capa de aislamiento térmico de lana de vidrio. Como cubierta de protección llevará plancha galvanizada. El aislamiento térmico ha sido concebido teniendo en cuenta que debe poseer elementos independientes (fácilmente removibles y reinstalables), de modo de permitir el acceso y mantenimiento en las uniones bridadas, zonas de válvulas, ventanas de inspección, tapas de limpieza y puertas de hombre. Se

estima que la pérdida de temperatura de los gases calientes, desde la toma hasta el ingreso a la trituradora no debe exceder los 20° C.

f. Sistemas Auxiliares

Dentro de lo correspondiente a los sistemas auxiliares se incluyen los siguientes procesos:

- **Desempolvado**

Realizado por dos filtros de mangas, tipo jet pulse, uno para los transportadores de cadena y otro para las bombas de transporte neumático.

- **Inertización**

Se empleará un tanque de CO₂ de 10 TM, incluye lo necesario para la debida protección de la planta, instalándose todos los equipos, tuberías, válvulas, controles y accesorios adicionales que se requieran para proveer de CO₂ a la trituradora, molino de bolas, separador estático, filtro de mangas y filtros de desempolvado.

g. Sistema de Aire Comprimido

Encargado de suministrar el aire comprimido necesario, tanto para los filtros de mangas (aire de instrumentación), como para servicio. El aire de instrumentación, antes de su entrega al tanque pulmón, pasará por un secador que recibirá el aire de las compresoras GA 1207 existentes. Para el aire de servicio se utilizará otro tanque pulmón que recibirá el aire directamente de las compresoras (sin secar). Ambos tanques contarán con sus respectivos elementos de protección y auxiliares tales como la válvula de alivio, manómetro, válvula de drenaje automática y demás.

h. Sistema de Refrigeración

Encargado de proveer la adecuada refrigeración a las chumaceras del molino de bolas, la trituradora, el aire comprimido que va a las bombas de transporte neumático. Incluye las líneas de alimentación y retorno de cada

equipo y la línea de alimentación principal y retorno desde las líneas de planta existentes. El diseño incluye un embudo general de retorno que permite visualizar la correcta operación de cada línea de refrigeración.

i. Sistema de Agua Contra Incendio

Este sistema deberá ser implementado por la compañía Cementera, se sugiere la instalación de tomas en los siguientes puntos: Tolva de Recepción de Vagones (futuro), Tolva de recepción de camiones, Túnel de Transferencia, Galería de Faja Reversible, lado Norte de Cancha de Almacenamiento, lado Sur de Cancha de Almacenamiento, Túnel de Recuperación, Nivel +3918,950 del edificio y Nivel +3902,150 del edificio. La cantidad y ubicación definitiva de puntos de toma será sin embargo la que recomiende el estudio pertinente.

j. Sistemas de izaje

Conformados por los monorrieles y polipastos para el mantenimiento del molino de bolas (considerando acceso a sus tapas de inspección, chumaceras, reductor y motor eléctrico), trituradora, bomba y compresor de transporte neumático y uno general ubicado en una zona elevada del edificio.

k. Sistemas de ventilación

Comprende los ventiladores, elementos filtrantes y demás componentes requeridos para la adecuada ventilación de las salas eléctricas.

Ubicación geográfica

La planta de molienda de carbón de la Empresa Cementera, se encuentra ubicada en la localidad de Condorcocha, distrito de La Unión, provincia de Tarma, Departamento de Junín al norte de la ciudad de Tarma y a una altura de 3850 msnm.

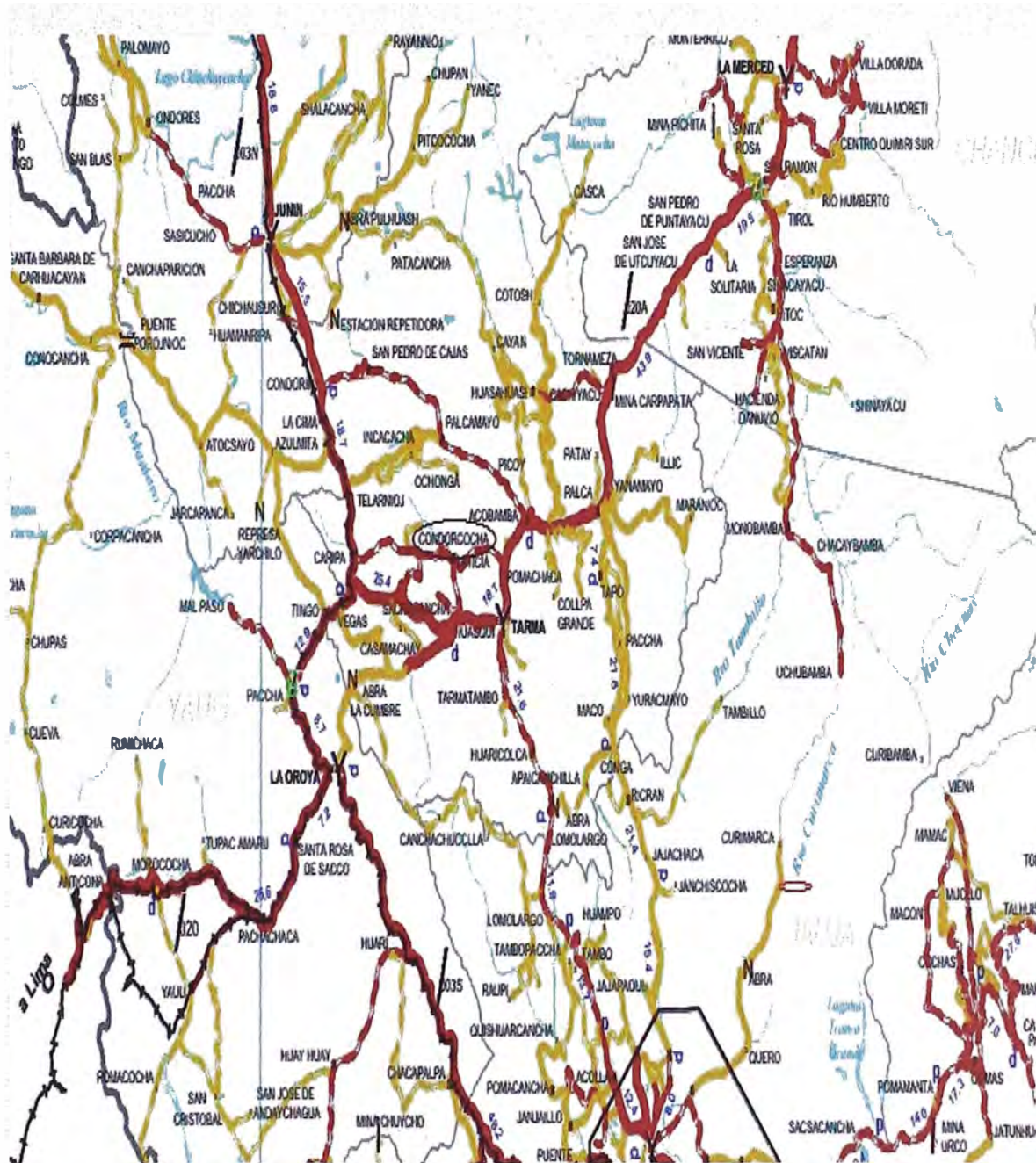
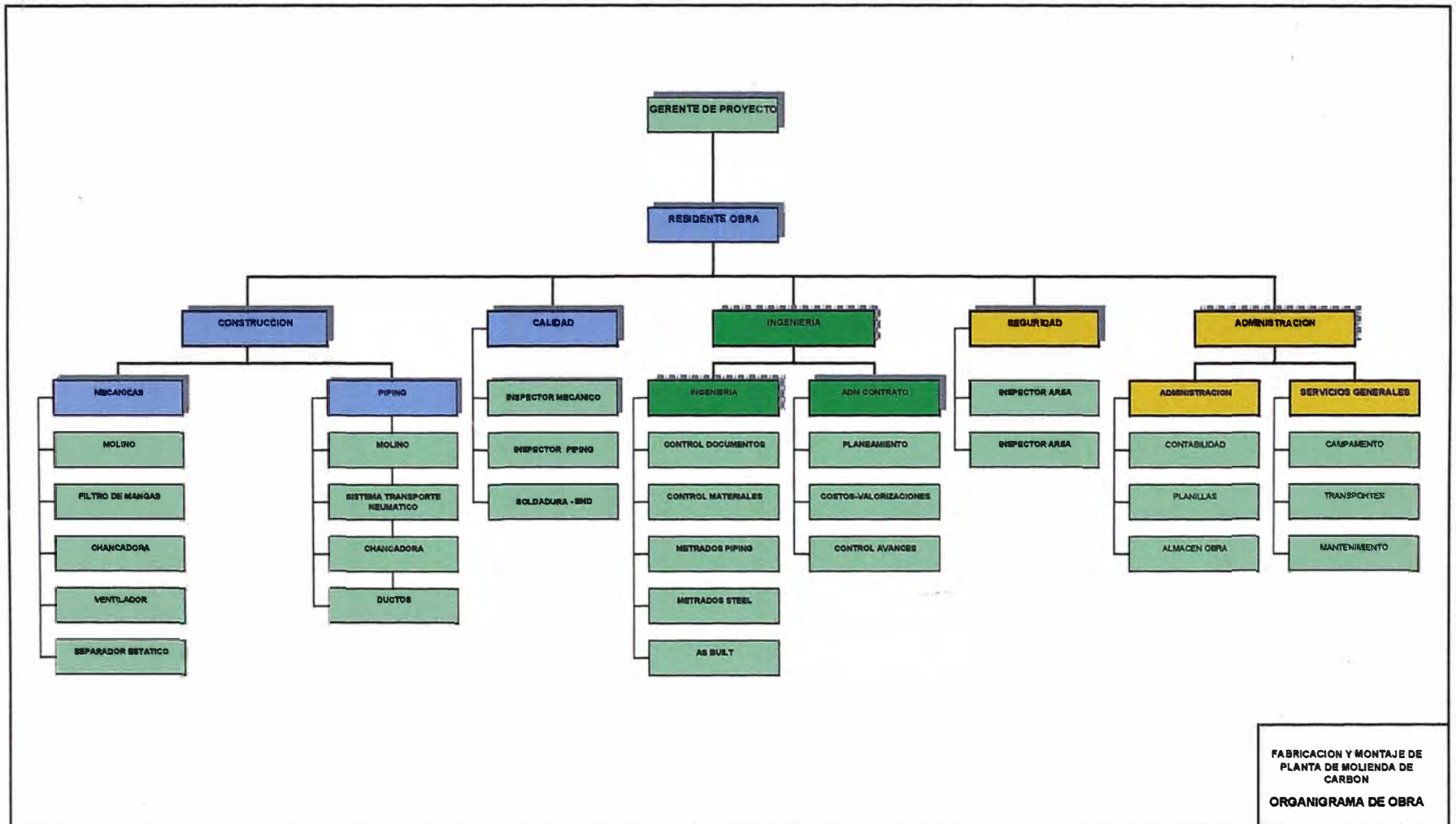


Fig. 1.1 Ubicación geográfica de la Planta de Molienda de Carbón

1.1.2. Organización de Fabricación y Montaje de Planta de Molienda de Carbón



1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo General

Fabricación y montaje de los equipos e instalación metal-mecánica de la ampliación de la Planta de Molienda de Carbón, de la empresa Cementera, el mismo que cuenta con una capacidad de operación de 45 TPH, en la localidad de Condorcocha, distrito de La Unión, provincia de Tarma, departamento de Junín.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Fabricación de los equipos mecánicos que forman parte del ciclo de producción de la molienda de carbón.
- Montaje de los equipos mecánicos en la planta de molienda de carbón.
- Puesta en marcha de la planta de molienda de carbón.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El presente proyecto permite la economía en el costo de flete, del insumo carbón, porque evita el traslado de la producción de carbón desde la provincia de Oyón hasta Lima para su molienda y después su posterior traslado a la localidad de Condorcocha para su incorporación en el proceso productivo de cemento.

También se permite la apertura del mercado de consumo de carbón hacia localidades del interior del país, potenciando la demanda real del carbón nacional, y viabilizando una oportunidad excelente de desarrollo para la pequeña minería de nuestro país. Minería del carbón, que en el Perú no se encuentra muy difundida por razones, como la lejanía de los yacimientos, las dificultades y costo del transporte interno, consecuencia de nuestra difícil geografía.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del presente proyecto, comprende la fabricación de los equipos mecánicos de la planta de molienda de carbón, el montaje de los equipos, con la garantía de un correcto funcionamiento de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, así como también la ejecución de los trabajos de puesta en marcha de la planta de molienda.

No forma parte del montaje mecánico del presente proyecto, la instalación de sensores, instrumentos, canaletas eléctricas, tuberías conduit, así como sus soportes.

CAPITULO II

MARCO TEORICO DEL PROCESO DE FABRICACION DE EQUIPOS E INSTALACIONES

2.1 MARCO DE REFERENCIA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación a seguirse en el presente proyecto, se sustenta en normas técnicas internacionales, cuyas recomendaciones dan seguridad, garantizan la ejecución y calidad en la fabricación de estructuras de acero y de los equipos que forman parte del proyecto.

- **En cuanto a normas a utilizarse:**

La habilitación y fabricación de las estructuras de acero se ejecutará conforme a las recomendaciones del “Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges del Instituto Norteamericano de Construcciones de Acero – AISC, última edición”.

Debiéndose tener como referencia los siguientes estándares:

<i>ASTM A36</i>	<i>Standard Specification for structural steel</i>
<i>ASTM A53</i>	<i>Standard specification for pipe, steel, black</i>
<i>ASTM A307</i>	<i>Standard specification for carbon steel bolts and studs</i>
	<i>Standard specification for High Strength Bolts</i>
<i>ASTM A325</i>	<i>Structural Welding Code – steel.</i>
<i>ANSI/AWS D1.1</i>	<i>Specification for mild steel covered arc welding</i>
<i>ANSI/AWS A5.1</i>	<i>electrodes.</i>

- **En cuanto a materiales metálicos:**

Los perfiles laminados o contruidos, planchas, vigas principales y otros elementos estructurales serán de acero al carbono, conforme a la "STANDAR SPECIFICATION FOR STRUCTURAL STEEL" ASTM A36 grado B, con sus requerimientos químicos y propiedades mecánicas establecidas en dicha norma.

Las propiedades dimensionales de los perfiles serán las indicadas en las Tablas de Perfiles de la Norma ASTM A6 "Estándar Specification for General Requeriments for Roller Steel Plates, Shapes, Sheet Piling and Bars for Structural Use".

Cualquier variación de las propiedades debe limitarse a las tolerancias establecidas en la misma Norma.

- **En cuanto a tolerancias de fabricacion:**

Las tolerancias en el alineamiento de los elementos de la estructura deberán estar de acuerdo a la Norma ASTM A6.

Los miembros estructurales terminados deberán estar libres de torceduras, dobleces y uniones abiertas.

Los elementos con preparación para uniones por contacto no presentarán una variación mayor que 1/32" de pulgada.

Los elementos con extremos no preparados para uniones en contacto podrán tener una variación en su longitud no mayor que 1/16 de pulgada para longitudes mayores de 30 pies.

- **En cuanto a la perforacion de agujeros**

Todas las perforaciones serán efectuadas en el taller de fabricación, y se efectuarán previamente al arenado y/o limpieza mecánica y pintado. Las perforaciones se efectuarán por taladrado, pero también pueden ser hechas con punzón a un diámetro 1/8" (3.2 mm) menor que el diámetro final y luego terminadas con taladro.

El diámetro final de los agujeros será 1/16" (1.6 mm) mayor que el diámetro del perno que van a alojar y su aspecto será perfectamente circular, libre de rebabas y grietas. Los elementos con perforaciones que no cumplan con esta descripción serán rechazados.

2.1.1 Normas para el Proceso de Fabricación

- Elementos estructurales: Columnas, Vigas, Arriostres, Largueros, cumplirán con las normas ASTM A36 o ASTM A572 grado 50, siendo sus dimensiones las indicadas en los planos de fabricación.

En caso que los perfiles indicados por los planos o especificaciones no sean comerciales, estos serán fabricados a partir de plancha según la norma ASTM A36.

- Tubería Estructura: De acuerdo con la norma ASTM A53 tipo E ó S o ASTM A501.
- Pernos de Alta Resistencia: Acorde con la norma ASTM A325 tipo 1. También se puede considerar el suministro de pernos según la norma ASTM A490.
- Pernos: De acuerdo con la norma ASTM A307 grado A.
- Tuercas de alta resistencia: De acuerdo con la norma ASTM A563 grado DH ó ASTM A184 grado 2H.
- Tuercas: De acuerdo con la norma ASTM A563.
- Piso de Plancha Estriada: Se proveerá en los lugares y cantidades establecidos por las especificaciones técnicas, planos de referencia y normas de diseño utilizadas en la buena práctica de ingeniería. Las tolerancias de fabricación se especifican de acuerdo con la norma ASTM A786.
- Pisos y Pasos de Parrilla Metálica: De acuerdo con la norma ASTM A569 o ASTM A659 las parrillas se fabricarán con platinas de 1 ¼" x 3/16" y barras de 3/8" a menos que se indique lo contrario en las especificaciones o planos. Estas se entregarán galvanizadas. Los pasos a suministrar tendrán una cantonera de plancha estriada.

- Escalera de Gato: Materiales con la norma ASTM A46 para todos los ángulos, platinas y barras. Se tendrá en cuenta las normas de seguridad para el diseño en lo referente a longitudes y dimensiones.
- Pasamanos y Guardarieleles: Los materiales para tubos estarán de acuerdo la norma ASTM A53 ó ASTM A106.

2.1.2 Normas para el Proceso de Soldado

Las especificaciones de soldadura forman parte del diseño ó de la responsabilidad de los ingenieros del proyecto, igualmente para el diseño de la junta y la selección de la misma. También se debe contar con personal capacitado para el desarrollo de las labores de soldeo, el mismo que nos asegure la calidad de la unión soldada.

Para lograr un soldeo adecuado y evaluar las capacidades y habilidades de los operadores de soldadura, se recurre a una norma que establezca los lineamientos de trabajo y calificación, que para nuestro caso es la AMERICAN WELDING SOCIETY, conocida por las siglas AWS. Esta institución ha publicado seis códigos cada uno de los cuales cubre los diferentes tipos de aplicaciones industriales, de ellos e que se va a aplicar es el Código Estructural de Soldadura para Acero D1.1, el cual es aplicable a:

- Aceros con punto de fluencia ≤ 100 KSI (690 Mpa)
- Aceros con espesores $\geq 1/8$ " (3.2 mm) de ser menor que esta dimensión aplicar los requerimientos de D1.3 Structural Welding Code Sheet Steel.
- Sólo aceros al carbono.
- No aplicable a recipientes a presión o tuberías de presión.

2.1.3 Normas para el Proceso de Pintado

Los sistemas de preparación de superficie buscan eliminar de las superficies, agentes contaminantes que puedan impedir un buen anclaje de la pintura, también crear una

cierta rugosidad sobre la superficie metálica que asegure la adherencia de la pintura sobre esta.

Los trabajos realizados alcanzarán como mínimo los estándares referidos a las siguientes normas:

- SSPC (Steel Structures Painting Council).
- NACE (National Association of Corrosion Engineers).
- SIS (Swedish Institute of Standards).

Se hace referencia a varios estándares visuales como patrones para controlar el grado de preparación de superficie especificado.

- SSPC-SP-1: Limpieza con solventes, eliminación de grasa, pintura y suciedad con solventes.
- SSPC-SP-3: Limpieza con herramientas mecánicas, eliminación de óxido, escamas de laminación y pintura suelta, con lijadoras, esmeriles, cepillos mecánicos.
- SSPC-SP-5: Chorro de arena al metal blanco, (NACE N° 1, SIS Sa. 3) eliminación de todo óxido, escamas de laminación, pintura y demás materiales extraños visibles, mediante chorro seco de arena o granalla.
- SSPC-SP-6: Chorro de arena al metal gris comercial, (NACE N° 3, SIS Sa. 2) eliminación de todo óxido, escamas de laminación, pintura y demás materiales extraños de por lo menos 66 % de cada pulgada cuadrada. Se aceptan sombras suaves en menos de 33% de cada pulgada cuadrada.
- SSPC-SP-7: Chorro de arena simple, (NACE N° 4, SIS Sa. 1) eliminación con chorro de arena de todo material suelto, excepto residuos de escamas de laminación de óxido y pinturas que estén bien adheridas, exponiendo numerosas y uniformemente distribuidas áreas de metal limpio.

- SSPC-SP-10: Chorro de arena al metal casi blanco, (NACE N°. 2, SIS Sa. 2 ½), limpieza con chorro de arena al metal casi blanco, eliminando todo residuo visible de por lo menos 95 % del área de cada pulgada cuadrada.

2.1.4 **Certificación de Materiales**

La finalidad de este control de documentos es establecer las condiciones y requisitos para la recepción, almacenamiento y distribución de los diversos materiales que se emplearan durante los trabajos de fabricación ejecutados en el proyecto.

Este control es aplicable principalmente a materiales para construcción ferrosos, como planchas, perfiles, tubos, ejes, fundiciones.

Durante el proceso de fabricación se considero que los materiales deberian alcanzar como mínimo los estándares de calidad referidos a las siguientes normas:

- Código ASME, (Edición 1,995) Parte A – Especificaciones para materiales Ferrosos.
- Standard Specification for STRUCTURAL STEEL – ASTM.
- Manual de aceros BÖHLER – Vereinigte edelstahlwerke.

Metodología para la certificación

- El material (planchas, perfiles, ejes, tubos), deberá recibirse con el correspondiente certificado de calidad, en el que constará el análisis químico, ensayos mecánicos, el lote y el número de colada. El certificado debe corresponder al lote al cual pertenece el material, no se admitirá un certificado genérico del producto.
- Los materiales deben llevar marcada una identificación que los relacione con el certificado al cual dicen pertenecer. Esta marca puede ser pintada ó impreso en relieve y debe provenir del fabricante. No se aceptaran marcas de las cuales se tenga evidencia sean hechas por el proveedor o distribuidor.

- El contenido de la guía de remisión entregada por el proveedor se verificará respecto a la orden de compra emitida por el departamento de Logística.
- Se verificará la cantidad correcta de material a recepcionar, respecto de la guía de remisión.
- Se selecciona la muestra representativa del lote, en base al plan de muestreo correspondiente.
- Se procederá a la verificación de las características de calidad del material (longitud, ancho, espesor, peso, sección, cedula, alma, ala, aspecto superficial, flecha, plano, etc.)
- Se registrarán los datos de la inspección en el formato, registro de inspección de materiales.

Criterios de aceptación.

- Los porcentajes de elementos que intervienen en la composición química deberán encontrarse dentro de los requerimientos de la norma aplicable (ASTM, Bohler), al igual que los valores de esfuerzos mecánicos.
- Las propiedades típicas de los materiales seleccionados deberán corresponder a las referidas por ejemplo en el Manual del Ingeniero Mecánico de Marks 2ª. Y al Annual Book of ASTM, American Society for Testing Materials Philadelphia, Pc.
- Se aceptará una tolerancia en perfiles (W, S, C, T, L) de:
 - Altura alma + 1 mm.
 - Ancho ala + 1 mm.
 - Espesor alma y ala + 0.25 mm
 - Longitud hasta 20 pies + 6.35 mm.
- Los materiales se aceptarán con una capa de óxido homogéneo producto de la normal estabilización del material con el medio ambiente.

- No se aceptarán materiales con evidentes muestras de corrosión, picaduras, con desprendimiento de material (superficie carachosa).
- No se aceptarán materiales con abolladuras, cortes, evidencia de haber sido utilizado como mesa de trabajo, restos de soldadura, socavaciones, pérdida de material.
- No se aceptarán planchas con evidentes defectos de laminación.
- Las planchas que presenten defectos de laminación durante posteriores procesos de transformación como corte, rolado, plegado, soldadura, etc. serán separados y se informará al proveedor para su retiro y reposición.

2.2 PROCESO DE FABRICACION

Las consideraciones que se presentan, tienen por objeto establecer los requisitos vinculados directamente con la ejecución y calidad en la fabricación.

Obras a ejecutarse como parte del proyecto

Las obras y trabajos requeridos para el proyecto se han dividido por su especialidad en obras civiles, mecánicas y eléctricas.

En cuanto a obras mecánicas:

Físicamente la Cancha de Almacenamiento y la Planta de Molienda pueden considerarse como unidades independientes, para efectos de las obras mecánicas, ambas partes forman una sola unidad, diferenciándose únicamente por la ubicación y las características propias de los elementos y equipos que las conforman.

Las Obras Mecánicas se han dividido en:

- Recuperación de Equipos y/o Componentes (mantenimiento, reparación, modificación y/o adaptación según sea requerido) existentes a emplear en el proyecto.
- Fabricaciones Mecánicas.

- Montaje Mecánico.

Recuperación de Equipos y/o Componentes

Esta actividad comprende la recepción de los equipos y demás componentes y accesorios asignados al proyecto, tal como se encuentran.

Los equipos deberán ser inspeccionados y evaluados a fin de decidir si serán útiles o no. De ser el caso, se procederá a la recuperación del elemento, realizándose, de ser necesario, los trabajos de mantenimiento, reparación, modificación, adaptación, y/u otro proceso que requieran hasta lograr su completa, y satisfactoria condición de operación para su nueva ubicación.

Fabricación

Como parte de los trabajos de fabricación a realizar, se incluyen como elementos principales, las estructuras en general, los ductos de gases calientes (incluyendo los ductos propiamente dichos, los soporte, juntas de dilatación, apoyos deslizantes, la chimenea de descarga del ventilador y demás; las fajas transportadoras (incluyendo los bastidores de los polines, guías de carga, cubiertas de protección, chutes de alimentación y descarga entre otros), las tolvas de almacenamiento, la trituradora de martillos (completa con rotor, martillos, caja, contra eje y su soporte), el separador estático (completo, incluyendo el cuerpo del separador, sus álabes, sistema de varillaje y demás elementos internos y externos,), el filtro de mangas (completo, incluyendo la caja, tolva de descarga, transportador helicoidal, compuerta rotativa, tapas de las compuertas de explosión), ventilador exhaustor (incluyendo caja o voluta, bastidor del ventilador y el motor eléctrico, compuerta de admisión y poleas de accionamiento, entre otros), las transportadores de cadena (completos, incluyendo la caja, pines, eslabones, guías, eje motriz y eje de cola con sus sprockets, cubiertas, tapas de inspección, chutes de alimentación y descarga), válvulas de compuerta pendular y doble pendular, plataformas, pasarelas, escaleras, parrillas en general (incluyendo también la parrilla de la tolva de recepción de camiones), barandas, soportería general y demás.

Montaje

En esta actividad se considera la adecuada y correcta instalación de todos los elementos fabricados, así como de los equipos y elementos adquiridos, ya sea de proveedores locales y/o extranjeros así como de los equipos y componentes recuperados igualmente de los demás elementos y accesorios requeridos para completar la obra y lograr la adecuada operación de sus diferentes elementos constitutivos.

Además de lo indicado, se considera como parte integrante de los trabajos de montaje lo correspondiente lo siguiente:

- Instalación del aislamiento térmico en los ductos de gases calientes, el separador estático, el filtro de mangas, los filtros de desempolvado y otros.
- Instalación de las Tuberías de transporte neumático con sus respectivas válvulas, accesorios y soportes y demás.
- Instalación de las líneas de aire comprimido con sus respectivas válvulas, accesorios, soportes y demás.
- Instalación de las líneas de agua de refrigeración con sus respectivas bombas, válvulas, accesorios, soportes y demás.
- Montaje de los motores eléctricos, transformadores y otros.
- Instalación de todos los pernos en general, pernos de anclaje, pernos Hilti, nivelación, grout y demás que requieran los equipos y elementos instalados.

La puesta en operación de la planta comprende lo siguiente:

Las Pruebas parciales de equipos, la operación en vacío de los sistemas y la puesta en operación o puesta en marcha de todos y cada uno de los elementos constitutivos de los diferentes sectores así como de todos ellos en conjunto y los trabajos de ajuste y corrección que sean necesarios para lograr y garantizar la correcta y completa operación de la planta.

No forma parte del montaje mecánico la instalación de sensores, los instrumentos, canaletas eléctricas, tuberías conduit, sus soportes, ni de los demás elementos indicados específicamente en otras actividades.

2.2.1 Habilitado de materiales

Se trazan las formas y dimensiones de las partes mecánicas, para luego efectuar el corte. Se traza el perfil en la plancha de acuerdo al plano aprobado para luego proceder a su verificación y aprobación controlándose la calidad del trazo.

2.2.2 Proceso de corte

La secuencia del proceso de corte es el siguiente:

Corte de estructura por sistema oxicorte.

Cuadrado y acabado del proceso de corte.

Verificación dimensional del proceso de corte, realizado por control de calidad.

2.2.3 Proceso de armado

Luego del proceso de habilitado, le sigue el proceso de apuntalado de los elementos mecánicos por medio de soldadura, con la precisión requerida para su exigencia, sea esta lineal o angular.

La descripción del proceso es el siguiente:

Armado de estructuras y/o equipos con cartelas, placa base, etc, según corresponda.

Verificación dimensional del armado por control de calidad.

2.2.4 Proceso de control dimensional

El proceso de la verificación permite constatar que las magnitudes cumplan con las exigencias señaladas en los planos de diseño o las exigencias técnicas proporcionadas por el cliente, para lo cual se selecciona de manera adecuada los instrumentos de control.

Entre las magnitudes a controlarse tenemos:

- Magnitudes dimensionales (longitud, ángulos).
- Magnitudes de forma (redondez, generatriz, etc.).

2.2.5 Proceso de soldadura

Las tareas de soldadura se efectuarán únicamente con soldadores calificados por un Certified Welding Inspector, que hayan aprobado la respectiva prueba de calificación de soldadores. De acuerdo con la Norma AWS D1.1, ASME IX y los requisitos adicionales contenidos en la referida especificación.

La descripción del proceso es la siguiente:

- Los parámetros serán establecidos por los procedimientos de soldadura calificados (WPS – PQR).
- Inspección visual de los cordones de soldadura.
- Inspección por tintes penetrantes con la finalidad de detectar fisuras o rajaduras.
- Todos los ensayos de inspección radiográfica serán calificados por un técnico calificado.

2.2.6 Proceso de enderezado

El enderezado de los elementos fabricados se realiza posterior al proceso de soldadura, para esto se hará uso de una gata hidráulica motorizada de 100 Ton, y dispositivos de enderezado.

2.2.7 Proceso de arenado

Consiste en remover la superficie metálica de manera eficiente y rápida con un chorro continuo de arena.

Este proceso generalmente se aplica en superficies que van a ser protegidas con pintura. El grado de rugosidad final deberá ser concordante con los requerimientos de la pintura que será aplicada.

2.2.8 Proceso de pintado

Todo sistema de protección superficial tiene como objetivo mantener, proteger y prolongar la vida a las superficies nuevas o que presenten protección parcial, se realizará en el taller o en el campo.

El arenado o limpieza mecánica, pretende eliminar todo agente contaminante de la superficie que impida el buen anclaje de la pintura, y también permitir formar una cierta rugosidad en la superficie metálica, para asegurar la adherencia de la pintura.

2.3 CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad implica verificar los resultados específicos del proyecto para determinar si estos cumplen con los estándares de calidad relevantes, e identificar maneras de eliminar las causas de los resultados insatisfactorios.

Se implementa a través de técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para satisfacer los requisitos para la calidad, estas técnicas y actividades operativas son las que a continuación se especifican.

2.3.1 Norma ISO

Las normas son un modelo, un patrón, ejemplo o criterio a seguir. Una norma es una fórmula que tiene valor de regla y tiene por finalidad definir las características que debe poseer un objeto y los productos que han de tener una compatibilidad para ser usados a nivel internacional. Pongamos, por ejemplo, el problema que ocasiona a muchos usuarios los distintos modelos de enchufes que existen a escala internacional para poder acoplar pequeñas máquinas de uso personal: secadores de cabello, máquinas de afeitar, etc. cuando se viaja. La incompatibilidad repercute en

muchos campos. La normalización de los productos es, pues, importante. La finalidad principal de las normas ISO es orientar, coordinar, simplificar y unificar los usos para conseguir menores costes y efectividad. Tiene valor indicativo y de guía.

Actualmente su uso se va extendiendo y hay un gran interés en seguir las normas existentes porque desde el punto de vista económico reduce costes, tiempo y trabajo. Criterios de eficacia y de capacidad de respuesta a los cambios. Por eso, las normas que utilizemos, del campo de la información y documentación, son de gran utilidad porque dan respuesta al reto de las nuevas tecnologías.

2.3.2 Sistema ISO 9000

La calidad es un criterio que pueden elegir los negocios y los clientes por igual. Ya sea si la empresa los denomina Gestión de Calidad Total (TQM), Control de Calidad Total (TQC) o de alguna otra forma, todos los programas de este tipo apuntan a mejorar los procesos operativos, productos y servicios. Sin embargo, la calidad puede ser algo muy subjetivo. Su idea de qué constituye un servicio de calidad, por ejemplo, puede ser muy diferente a lo que piensa el empleado que lo atiende en la tienda de abarrotes. Y la tienda de abarrotes en Lima puede tener una norma de calidad diferente de la tienda de abarrotes en Huancayo o en Cuzco.

Ahí es donde se aplica ISO 9000. La norma ISO 9000 es un estándar para sistemas de administración de la calidad. El término se refiere a una serie de normas universales que define un sistema de "Garantía de Calidad" desarrollado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y adoptado por 90 países en todo el mundo. ISO está compuesta por representantes de normas nacionales de más de 100 países. Su objetivo es promover el intercambio de productos y servicios en todo el mundo y fomentar la cooperación mundial en las áreas intelectual, científica, tecnológica y económica.

2.3.3 Definiciones importantes de Calidad

2.3.3.1 Calidad

Es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades expresas. Las necesidades pueden incluir aspectos relacionados con la aptitud para el uso, seguridad, disponibilidad, confiabilidad, mantenimiento, aspectos económicos y de medio ambiente. Este término no se emplea para expresar un grado de excelencia en un sentido comparativo, ni se usa con un sentido cuantitativo para evaluaciones.

2.3.3.2 Ciclo de la Calidad o Espiral de la Calidad

Es un modelo conceptual de las actividades interdependientes que influyen en la calidad de un producto o servicio en las distintas fases, que van desde la identificación de las necesidades, hasta la evaluación de que estas necesidades hayan sido satisfechas.

2.3.3.3 Política de Calidad

Son las orientaciones y objetivos generales de una organización en relación con la calidad, expresadas formalmente por la dirección superior.

2.3.3.4 Gestión de la Calidad

Es aquel aspecto de función general de la gestión de una organización que define y aplica la política de calidad. La gestión de la calidad incluye la planificación, las asignaciones de recursos y otras actividades sistemáticas, tales como los planes de calidad.

2.3.3.5 Aseguramiento de la Calidad

Son todas aquellas acciones planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio satisface los

requisitos de calidad establecidos. Para que sea efectivo, el aseguramiento de la calidad requiere, generalmente, una evaluación permanente de aquellos factores que influyen en la adecuación del diseño y de las especificaciones según las aplicaciones previstas, así como también verificaciones y auditorías a las operaciones de producción, instalación e inspección. Dentro de una organización, el aseguramiento de la calidad sirve como una herramienta de la gestión.

2.3.3.6 Control de Calidad

Son las técnicas y actividades de carácter operacional utilizadas para satisfacer los requisitos relativos a la calidad. Se orienta a mantener bajo control los procesos y eliminar las causas que generan comportamientos insatisfactorios en etapas importantes del ciclo de calidad para conseguir mejores resultados económicos.

2.3.3.7 Sistema de Calidad

Se refiere a la estructura organizacional, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos para aplicar la gestión de la calidad. Debe responder a las necesidades de la organización para satisfacer los objetivos de calidad.

2.3.3.8 Plan de Calidad

Es un documento que establece las prácticas específicas de calidad, recursos y secuencia de actividades relativas a un producto, servicio, contrato o proyecto, en particular.

2.3.3.9 Auditoría de Calidad

Es un examen sistemático e independiente para determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad cumplen con las disposiciones previamente

establecidas; si éstas se han aplicado efectivamente y son adecuadas para lograr los objetivos. Existe, entonces, auditoría de calidad del proceso, auditoría de calidad del producto, auditoría de calidad del servicio. Uno de los propósitos de una auditoría de calidad es evaluar las necesidades de acciones de mejoramiento o correctivas; no se debe confundir una auditoría con acciones de supervisión o inspección.

2.3.3.10 Supervisión de Calidad

Es el control y verificación permanente del estado de los procedimientos, métodos, condiciones, procesos, productos o servicios y, análisis de registros por comparación con referencias establecidas para asegurar que se cumplan los requisitos de calidad especificados. La supervisión de la calidad puede ser efectuada por un cliente o por un representante de él.

2.3.3.11 Inspección

Acción de medir, examinar, ensayar, comparar con calibres una o más características de un producto o servicio y comparación con los requisitos especificados para establecer su conformidad.

2.3.3.12 No Conformidad

Es el incumplimiento de los requisitos especificados.

2.3.4 Puntos de inspección

Es la secuencia de lugares ha inspeccionar durante las diversas etapas del proyecto. Se registran en un documento el cual consigna las fases a inspeccionar dentro de cada etapa. También consigna el método de inspección a emplearse así como la

documentación de referencia. Este plan de puntos de inspección debe ser revisado por el departamento de control de calidad del fabricante, por el cliente y la empresa supervisora del proyecto. El plan de puntos de inspección se adjunta a continuación.

PLAN DE PUNTOS DE INSPECCIÓN

ITEM	ETAPA DE LA FASE A INSPECCIONAR	CARACTERÍSTICAS A INSPECCIONAR	METODO	DOCUMENTACION DE REFERENCIA	REGISTRO APLICABLE	CONTROL	
						CC/CQ	CLIENTE SUPERV
1	VERIFICACIÓN DE DISEÑO	Parámetros de operación Parámetros de diseño Características de diseño	Documentos Cálculos	Normas de referencia Fórmulas, ecuaciones Gráficas, tablas Recomendaciones	Control de documentos * Control de revisiones de diseño		
2	REVISIÓN DE PLANOS	Dimensiones y proyecciones Listado de materiales Especificaciones técnicas Simbología Tolerancias Procesos especiales	Cálculos Visual Documentos Aplicación, Función Ensayos	Fórmulas, ecuaciones Planos de detalles Normas, códigos Catálogos, Inf. técnica	Control de documentos * Control de planos		
3	COMPRAS	Requisición de materiales Orden de compra de material	Documentos Normas	Planos de detalles Códigos, normas	Control de documentos * Control de requisición		
4	MATERIALES	Dimensiones Aspecto, acabado Calidad Composición	Instrumental Insp. Visual Documentos Documentos	Requisición de material Norma de aceptación Certificaciones Certificación, ensayo	Control de documentos * Control de Inspección * Control de Certificación		
5	CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA	Espesores de material base Tipo de material de aporte Variables de soldadura Preparación de juntas Procedimiento calificado	Instrumental Insp. Visual Documental	Especificaciones Sección IX código ASME Procedimiento para especificación y calificación de juntas soldadas	Control de calibraciones * Especificación de procc * Calificación del procc		
6	CALIFICACION DE SOLDADORES	Posición de soldeo Espesores de soldeo Tipo de junta Procedimientos de soldadura END	Instrumental Insp. Visual Documental	Plano de ejecución Sección IX código ASME Especificación técnicas aprobadas	Control de homologación * Certificado de calificación de soldadores		
7	TRAZADO	Longitud, diámetro Diagonal, ángulos, arcos	Instrumental	Planos de detalle Protocolos de corte			
8	CORTE	Longitud, diámetro Diagonal, ángulos, arcos Bordea, biseles Paralelismo, perpendicularidad Alineamiento	Instrumental	Tolerancias Normas de aceptación	Control de documentos: * Registro de Inspección		
9	CODIFICACIÓN DE ELEMENTOS	Identificación según plano Identificación según proceso	Insp. Visual Documental	Planos Proced. de trazabilidad	Control de documentos * Packing list		
10	PREPARACIÓN DE JUNTAS	Tipos de juntas Métodos de trazo y corte Método de preparación de junta Acabado superficial Armado de la junta: Alineamiento y separación	Instrumental Insp. Visual Documental	Planos Especificaciones técnicas aprobadas	Control de documentos * Registro de Inspección		
11	ARMADO	Nivel y alineamiento Medidas generales Preparación de juntas Tolerancias de ajuste Arriostramientos	Instrumental Insp. Visual Documental	Planos Procedimientos: * Específicos * Operacionales Especificaciones técnicas	Control de documentos: * Registro de Inspección		
12	SOLDADURA	Preparación de juntas Procedimientos de soldadura Calificación del soldador Soldadura de taller y de campo Certificación de material base y de aporte Inspección por END	Instrumental Insp. Visual Documentos Documentos Documentos	Requisición de material Norma de aceptación Certificaciones Certificación, ensayo	Control de documentos * Control de inspección * Control de certificación * Reporte de END		
13	PLANTILLADO	Deformación por soldadura Deformación por maniobra	Insp. Visual Insp. Visual	Especificación técnica Norma de aceptación			
14	ARENADO	Limpieza de escoria Tipo de material abrasivo Humedad del ambiente	Instrumental Insp. Visual	Especificaciones técnicas Norma de aceptación Procedimiento de arenado	Control de documentos * Protocolo de arenado		
15	PINTURA	Acabado superficial Limpieza de la superficie Humedad del ambiente Espesor de película húmeda Espesor de película seca	Visual Instrumental	Especificaciones técnicas Norma de aceptación Procedimiento de pintado	Control de documentos * Protocolo de pintado		
16	EMBALAJE	Protección de piezas frágiles Marcas de identificación	Insp. Visual Documental	Packing list			
17	DESPACHO	Lista de partes Transporte Maniobras	Documental Insp. Visual Equipos	Packing list Procedimientos para transporte de equipos			

2.3.5 Control dimensional

Se inicia desde la verificación dimensional de los materiales recepcionados por el almacén, haciéndoseles un seguimiento en cada uno de los procesos de fabricación y entrega al cliente.

2.3.5.1. Medición de materiales en la recepción

El Jefe de Control de Calidad verificará el empleo de equipos e instrumentos con calibración vigente, para la realización de las inspecciones y/o mediciones.

La verificación de las características de los materiales se hará en base a los datos de los manuales técnicos (como el Steel Constructions, AISC, etc.), en la cual se señalan las dimensiones, desviaciones permitidas, tolerancias de materiales, etc., para garantizar que los materiales ingresados se encuentren dimensionalmente conformes.

2.3.5.2. Controles a realizar

El proceso de medición se realizará en cada fase de los procesos constructivos desde el habilitado de piezas, soldeo, montaje, etc. Estos datos tomados serán anotados en el registro de Control Dimensional.

El elemento sometido a medición debe encontrarse conforme a las medidas de los planos y las tolerancias según sea el caso, de no estarlo se registrará como una no conformidad para su posterior seguimiento.

2.3.5.3 Tolerancias dimensionales

Las desviaciones en cuanto a la medida serán de +/- 1mm para las estructuras.

2.3.6 Control de la Soldadura

Tiene como objetivo, prever y definir las acciones que tienen que ver directamente con la calidad de las uniones soldadas, que serán ejecutadas en los trabajos de fabricación y montaje de las estructuras, equipos y componentes.

Se aplicará a todos los trabajos de soldadura que serán ejecutados en el proyecto.

2.3.6.1. Condiciones de trabajo

No se soldarán las superficies húmedas ni cuando este lloviendo o nevando en las zonas de trabajo, ni tampoco durante los periodos de vientos fuertes; a no ser que la maquina de soldar y el área de trabajo se encuentre debidamente protegida contra estos inconvenientes.

Tampoco se permitirá soldar cuando las superficies estén contaminadas con pintura, grasas u óxidos.

2.3.6.2. Procedimientos de soldadura.

Especificación del procedimiento de soldadura.

Durante el diseño de las estructuras y equipos se deberá evaluar la necesidad de los procesos de soldadura que se requerirán. Para determinar esta actividad se deberán tomar en cuenta los siguientes criterios técnicos:

Revisar ampliamente las características técnicas del material base.

Determinar las peculiaridades del material a soldar, prever sus problemas de soldabilidad y sobre todo tomar en cuenta los efectos post-soldadura en el material base.

Revisar el rango de espesores a soldar, determinando principalmente los espesores mínimos y máximos.

Revisar el tipo de junta, en especial si es de penetración parcial o penetración total.

De acuerdo a los resultados se deberán elaborar las especificaciones de procedimientos de soldadura. Estas especificaciones deben cumplir lo establecido en la Sección IX del Código ASME.

Calificación de los procedimientos de soldadura.

Luego de de terminadas las especificaciones a seguir:

Ejecutar las probetas para la calificación del procedimiento de soldadura.

Enviar a un laboratorio de prestigio, para que se realicen los ensayos mecánicos previstos en el código AWS D1.1

Una vez comprobado que se hayan cumplido con los criterios de aceptación señalados en la Sección IX del código ASME, se deberá completar el formato de calificación de procedimiento de soldadura, al cual se adjuntará los informes de ensayos mecánicos.

2.3.6.3 Seguimiento del trabajo de soldadura

El Jefe de Control de Calidad, deberá hacer el seguimiento en todas las fases de soldeo que se realice durante el proyecto, el cumplimiento de los procedimientos y los planes de inspección que interviene directamente en el proceso de soldadura.

2.3.7 Control de la Pintura

Para el pintado se deberá emplear una pintura de primera calidad, aprobada por el cliente y/o supervisor. El sistema a emplear considera una base epoxi-poliamida con cromato de zinc, de 4 mill (100 μ) de película seca y una capa de acabado de esmalte epóxico de 4 mills (100 μ) de película seca, totalizando un mínimo de 8mills (200 μ).

Los colores a considerar para el acabado de las estructuras, equipos, componentes y demás, salvo indicación contraria serán los siguientes:

Para las estructuras de acero y equipos en general RAL 7037(gris).

Para el molino de bolas RAL 1007 (amarillo)

Para guardapiés y barandas RAL 1007

Para motores eléctricos RAL 3020 (rojo)

Para las tuberías de agua RAL 6016 (verde)

Para las tuberías de aire comprimido RAL 5015 (azul claro)

Para las tuberías de aceite RAL 8017(marrón)

Para los polines de las fajas transportadoras RAL 2004 (anaranjado)

Para los casos específicos del ciclón despolvORIZADOR, el filtro de mangas principal, el separador estático y de las tuberías de gases calientes, el pintado a considerar será tanto interior como exterior, pero aplicando únicamente lo correspondiente a la capa de pintura base ya que dichos elementos serán recubiertos con aislamiento térmico, sin embargo; todas las zonas expuestas si deberán llevar la capa de acabado respectiva.

El método de control sobre la preparación y la protección superficial que se aplicará, durante la fabricación y el montaje de las estructuras y sus componentes es el que se detalla a continuación.

Se considera alcanzar como mínimo los estándares referidos a las siguientes normas:

PSC (Steel Structures Painting Council).

NACE (National Association of corrosion Engineers).

Se hace referencia a varios estándares visuales como patrones para controlar el grado de preparación de superficie especificado.

2.3.7.1 Inspección visual

SSPC-SP-5 chorro de arena al metal blanco, (Nace N° 1, SIS Sa. 3)

Limpieza que se logra haciendo impactar una partícula abrasiva sobre la superficie, que al chocar desprende las partículas extrañas a la base dejando una huella en la zona de impacto.

El grado de metal blanco consiste en una limpieza de manera tal que la superficie se apreciará de un color gris blanco uniforme y metálico. La superficie observada sin aumentos deberá estar libre de contaminación y apreciarse levemente rugosa para formar un perfil adecuado que permita un buen anclaje de los revestimientos.

El sistema de preparación de superficie descrito, busca eliminar de las superficies agentes contaminantes que puedan impedir un buen anclaje de la pintura, también crear una cierta rugosidad sobre la superficie metálica que asegure la adherencia de la pintura sobre esta.

2.3.7.2 Proceso de pintado

Todo sistema de protección superficial tiene como objetivo mantener, proteger y alargar la vida a las superficies nuevas o que presentan una protección realizadas en taller o en el campo.

a. Preparación de la superficie

Para llevar un adecuado control en la aplicación del sistema de protección, el área de Control de Calidad verificará que todos los elementos metálicos a ser arenados no presenten en su superficie, contaminantes como grasa, humedad o cualquier partícula extraña (salpicaduras, rebabas, hendiduras, cordones de soldadura incompletos, escorias, falta de plantillados finales, etc.).

Las especificaciones que tendrá en cuenta el área de Control de Calidad para el arenado serán:

- Condiciones de tiempo: no se pintará de noche, ni durante lluvia .

- El grado de humedad relativa será como máximo 81 %
- Grado de arenado: según el sistema de pintado
- La temperatura de las superficies debe estar 3° C encima del punto de rocío
- Características de la arena:
Granulometría: entre mallas 30 a 60
Procedencia: arena de río
- Tiempo máximo de superficie arenada expuesta al medio: 3 horas
El área de Control de Calidad dará la aprobación del arenado y la autorización para proceder al pintado.

b. Sistema de pintado

Las estructuras se pintarán de acuerdo al sistema especificado por el cliente, el cual es arenado al metal blanco SSPC-SP5.

c. Control antes del pintado

El sistema de pintado se aplicará llevándose un control permanente del proceso antes, durante y después de la aplicación

Antes de desarrollar el pintado se verificará:

- El tipo de pintura aplicable según sistema específico.
- Se especificará el espesor seco total y el tiempo de secado
- Se verificará que la superficie a pintar se encuentre limpia y seca, sin humedad y sin residuos de arena, caso contrario se limpiará con aire a presión.
- Se constatará que el elemento a pintar este completamente terminado para evitar re-procesos.

d. Control durante el pintado

Durante el proceso de pintado se controlará:

- La vida útil después de realizada la mezcla es de 4 ~ 5 horas, por lo que se debe preparar solo el material a usar.
- Las condiciones ambientales para aplicar la pintura serán según las especificaciones técnicas del fabricante.
- La forma de aplicar el abanico será en pasadas paralelas e iguales con un 50% de traslape.
- La distancia de ubicación de los elementos a ser pintados deberá ser como mínimo 0.5 m desde el piso.
- El número de pasadas determinado para la aplicación de la pintura es de acuerdo al sistema utilizado y esta debe considerar el espesor de película seca a obtener.
- Se mantendrá el control de espesor húmedo por capa, a fin de controlar el espesor de película seco al final
- Se controlará mediante la inspección visual, las salpicaduras, los goteos, la uniformidad de la aplicación el manejo de la pistola, la distancia al piso y la presión de aplicación
- Los retoques y correcciones se realizarán limpiando la zona a corregir de todo elemento extraño (polvo, humedad, o partícula metálica), emplear una lija al agua N° 400 proceder a limpiar la zona, de cualquier oxido o partícula extraña de la pintura terminado la limpieza proceder a retocar de pintura la zona con el equipo de pintado autorizado

e. Control después del pintado

Si se encontrarán partes por reparar, éstas se realizarán una vez seca la pintura, y se procederá limpiando la zona de sustancias contaminantes como polvo, aceites o grasas, para proceder a evaluar la zona dañada, se determinará las dimensiones del área:

- Menores al 10% de la superficie se procederá a limpiar (la zona con una lija de agua N° 400) todo oxido o partícula extraña de la pintura.

- Entre el 50 a 100% de la superficie se procederá a limpiar la zona con el equipo de arenar, previamente el área de control de calidad evaluará el daño y confirmará la reparación de la pintura
- Si la parte dañada superara el 50% de la superficie, se procederá a enviar a la pieza o elemento a un nuevo arenado, previa evaluación del área de Control de Calidad.
- Después de aplicada la pintura, se procederá a realizar el curado de la superficie para obtener un mejor acabado (solo en estructuras), y se realizará de las siguientes formas:
- Puede ser expuesto al ambiente, tan pronto como haya adquirido la dureza para ser manipulado
- El tiempo de secado y de curado total depende de la temperatura ambiente y del espesor de película

Después de aplicada la pintura, se procederá al control del espesor seco, para ello deberá emplearse el instrumento debidamente calibrado La calibración de! espesor seco se realizará de acuerdo a los parámetros de control de la norma aplicable y según el tiempo especificado.

2.4. PRUEBAS Y ENSAYOS

2.4.1 Prueba de soldadura

Son ensayos que se utilizan para ubicar discontinuidades superficiales o internas en las uniones soldadas. Las técnicas aplicables a la ejecución de ensayos no destructivos son concordantes con lo establecido en la AWS D1.1.

Se aplica a cualquier unión soldada para completar las evidencias de la conformidad en los trabajos realizados versus los requisitos de calidad especificados por el cliente, denominados criterios de aceptación.

a) Selección de los END

El criterio de selección de una determinada técnica de END se sustenta en los distintos defectos que puedan presentarse en las uniones soldadas y de acuerdo a las prescripciones de las norma AWS D1.1. En el cuadro adjunto se establecen los criterios básicos de selección de los END El uso de un determinado ensayo se determina en las especificaciones técnicas del proyecto.

COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)				
CARACTERÍSTICAS	LIQUIDO PENETRANTE	PARTICULAS MAGNETICAS	RADIOGRAFÍA	ULTRASONIDO
SENSIBILIDAD	Sólo defectos superficiales	Principalmente defectos superficiales	Ciertos defectos no son detectados	Ciertos efectos pueden ser omitidos
INDICACIÓN ERRÓNEA	Remotamente posible	Posible	Ninguna	Posible
ALCANCE	Sólo juntas soldadas	Sólo juntas soldadas	Principalmente juntas soldadas	Principalmente juntas soldadas
INDICACIÓN DEL TIPO DE DEFECTO	Definido	Definido	Definido	Limitado
INDICACIÓN POSICIÓN DEL DEFECTO	Sólo los que afloran a la superficie	Principalmente superficiales	Posible	Posible
REGISTRO PERMANENTE	NO	NO	SI	SI

b) Criterios de Aceptación

La aceptación de los resultados de un protocolo de prueba, se dará en relación al cumplimiento con los criterios de aceptación definidos por los requisitos de calidad especificados en el contrato, los que determinarán la conformidad o no, de la unión soldada

La aplicación de un código o norma para evaluar las uniones soldadas, estará determinada por las especificaciones contractuales y de acuerdo a los tipos de trabajo realizados, según los cuales se podrían presentar distintos defectos y tolerancias a aplicables.

c) Seguridad en la toma de Placas Radiográficas

El Ingeniero de seguridad en coordinación con el área de Control de Calidad, tendrán la responsabilidad de garantizar la seguridad, en la ejecución de las pruebas radiográficas; así como, exigir se tomen las medidas de seguridad respectivas tales como; el uso de dosímetros, señalización del área de influencia de las ondas electromagnéticas, y otros que dañen o pongan en riesgo al personal de la empresa.

2.4.2 Pruebas de la pintura

La protección satisfactoria del acero depende de una buena adhesión del recubrimiento al sustrato. Para la verificación de esta adhesión se realizan principalmente dos pruebas:

- Prueba de la cinta adhesiva según ASTM 3359
- Prueba del traccionador o Pull-off según ASTM 4541

Ambas son técnicas destructivas.

a) Prueba de la cinta adhesiva

Esta prueba consiste en colocar sobre la superficie a evaluar una cinta semi-transparente de 2.3 cm de ancho, luego se realizan dos cortes en X, los cortes son de 4 cm de largo y el ángulo entre ellos es de 30 a 45°. Es importante asegurarse que los cortes lleguen hasta el acero.

Remover la cinta dentro de 1-2 minutos deslizando rápidamente desde el borde de la cinta de preferencia en un ángulo de 180°.

La tabla adjunta muestra la escala de acuerdo a ASTM D3359, el cual incluye los detalles de esta prueba.

Escala para Pruebas con Cinta según ASTM D3359

CORTE EN X	
5 A	No se pela ni se remueve
4 A	Poco pelado o remoción en incisión o intersección
3 A	Levantamiento entre las incisiones hasta 1.6 mm en ambos lados
2 A	Levantamiento entre las incisiones hasta 3.2 mm en ambos lados
1 A	Remoción de la mayor parte bajo el corte en X
0A	
CUADRICULA	
5B	Los cortes están completamente limpios, ninguna de las partes de la cuadrícula se remueven
4B	Menos del 5% del área entre las intersecciones removidas.
3B	5 a 15% afectados
2B	15 a 35% afectados
1B	35 a 65% afectados
0B	Peor que el grado 1B

b) Prueba de tracción (pull-off)

El método pull-off involucra pegar dolly sobre la película de pintura y luego retirar el dolly de la capa de la superficie, el desprendimiento puede ocurrir desde la superficie/interfaz de las capas, entre capa y capa (interfaz de capa).

Cada uno de estos tipos de desprendimiento serán significantes por lo que se refiere a la performance esperada de la capa.

La aplicación del pull-off es un método por el cual se puede probar la adherencia, se considera destructiva porque emplea dollies que trabajan sobre la zona donde se aplica la fuerza.

Si el dolly se rompe entonces la fuerza de la fractura del recubrimiento excede a la evaluación del dolly, pero si la capa se rompe, se guarda la presión con que fue destruida.

2.5 CONTROL DE AVANCE DEL TRABAJO

El uso racional de los recursos, es un elemento fundamental para el buen desarrollo de un proyecto, tanto desde el punto de vista económico como desde el avance del proyecto, ya que

un incremento en el uso de alguno de ellos, va a tener necesariamente un impacto en el normal desarrollo del proyecto.

En el control de avance se contempla:

- El control del rendimiento del personal.
- El control del rendimiento de los consumibles.
- El control del uso de los equipos programado.

En la medida que estas tres variables sean controladas el proyecto marchará bajo control, de no ser así, este control nos servirá para tomar las medidas correctivas que permitan volver al proyecto al curso programado.

2.5.1 Tarea diaria

El control del personal y del trabajo que se encuentra en ejecución, se lleva a cabo mediante un formato en el cual se consignan las actividades, el personal que las viene desarrollando, así como el tiempo que les toma realizar cada actividad.

De esta manera se puede controlar el tiempo invertido en cada actividad y confrontarla con el tiempo programado así como el personal proyectado versus el personal utilizado, con el fin de corregir la desviación si esta se produjese y tomar las medidas más efectivas para corregir esta anomalía.

También nos permite corregir proyecciones, en cuanto al rendimiento del personal en las diferentes actividades asignadas; de esta manera podemos actualizar nuestra base de datos de acuerdo a los rendimientos obtenidos en campo.

La forma que se llevo este control fue a través de una hoja electrónica en Excel, donde se consignaba la actividad a realizar, el personal involucrado en ella, el rendimiento calculado del mismo y el cálculo de los consumibles a utilizar para esa tarea.

A continuación se adjunta el formato utilizado.

2.5.2 Uso de equipos

Los equipos proyectados para el desarrollo del proyecto deben ser controlados al igual que el personal. Cuando nos referimos al uso de equipos se debe entender a aquellos que por sus características influyen tanto en los costos del proyecto como en el avance del mismo, por ejemplo el uso de grúas, montacargas, etc.

Es importante subrayar que cuando los equipos no son propios se debe establecer una programación adecuada para conseguir un mejor rendimiento de los equipos rentados.

2.5.3 Uso de consumibles

El uso de los consumibles es en función al equipo que se utiliza y la actividad que se realiza, de allí la importancia de su control, pues la falta de ellos ocasionará un retraso en el avance del proyecto y un mayor costo a causa de las horas de trabajo perdidas.

Al igual que en el caso del personal es importante controlar este rubro, pues el rendimiento proyectado esta en base a la experiencia y algunos estándares, sin embargo, es en la práctica donde confrontamos y corregimos nuestra proyecciones, recopilando información para nuestros futuros proyectos.

CAPITULO III

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCION DE LA PROBLEMÁTICA

La empresa industrial nació en el año 1952, la planta industrial se ubica en Condorcorcha (3,850 m.s.n.m., a 220 Kms. al este de Lima) Distrito de La Unión Leticia, Provincia de Tarma, Departamento de Junín, en las proximidades a una zona de abundantes materias primas como calizas, arcillas, puzolanas, óxido de hierro y yeso de óptima calidad; todo ello permite producir a la empresa todo tipo de cemento.

La Empresa inició sus operaciones con la fabricación de Cemento, utilizando Petróleo Residual N° 6 como combustible principal en sus Hornos para la elaboración de Clinker, siendo sus quemadores del tipo tradicional. En 1991, con la puesta en operación de la Planta de Molienda de Carbón en Atocongo, la Empresa cambió a la quema de carbón importado, marcando el primer hito en el uso de combustibles alternos al petróleo R6. Para lo cual invirtió en nuevas instalaciones y equipos como son los silos de almacenamiento de carbón pulverizado, dosificadores de carbón y nuevos quemadores para petróleo y carbón (tipo dual). Consiguiendo así trabajar con carbón importado del tipo bituminoso al 100%.

Es interesante mencionar, que durante el gobierno de Velasco, la empresa paso a manos del gobierno, posteriormente solo regreso el 51% de las acciones a los originales dueños.

La empresa se encuentra bastante alejada de zonas pobladas y en un espacio abierto, detalle que diferencia a la empresa del caso "La Oroya", donde la población esta concentrada

alrededor de la empresa y la zona esta cerrada por cerros, pudiéndose formar espesas nubes de gases tóxicos en la zona, que no se dispersan con facilidad.

A manera de resumen podemos indicar que la cantera, con los minerales para la fabricación del cemento, se encuentra próxima y ha sido dada en concesión para su explotación y aprovisionamiento de la empresa. Los minerales se trituran y mezclan en las proporciones adecuadas, pasando luego por la operación más crítica del proceso: el horneado. La mezcla pasa lentamente a través de grandes hornos, como si se tratara de lava.

Finalmente la mezcla enfriada, se muele, consiguiendo la textura que conocemos comercialmente para el cemento y el ensacado final. A pesar de que la empresa se encuentra económicamente bien, y ello puede inducir a un conformismo, la empresa da señales de constante innovación, prueba de ello es la modernización de su equipos, el proyecto preparación de carbón, para ello la empresa ha adquirido una mina de carbón y se encuentra en construcción del almacén del mismo así como las instalaciones para su tratamiento.

El acceso a la empresa es por dos vías: la carretera (tránsito pesado) y una vía auxiliar. La empresa ha culminado la construcción de una vía férrea que le servirá para transportar su producto, desde la planta a las zonas de distribución cercana. Este es un proyecto necesario, pues la reducción de costos de envío (aproximadamente un 40%) y tiempo es significativa. Sin embargo presenta un problema social serio, debido a que tradicionalmente la distribución del cemento se ha realizado contratando transportistas de la zona, lo que ha generado múltiples empresas de transporte alrededor de la empresa.

3.2 DEFINICION ECONOMICA DEL PROYECTO

La empresa Cementera emplea carbón pulverizado como combustible principal, en sus hornos de producción de clinker. Este carbón es producido en la planta de beneficio de carbón de Cementos Lima S. A., y se transporta mediante camiones especializados (bombonas con gas

inerte) hasta la planta ubicada en la localidad de Condorcocha, distrito de La Unión, Provincia de Tarma, departamento de Junín.

Con una política permanente de mejora continua, en el año 2001 la Empresa inició pruebas de quema de carbón nacional, en proporciones del 25 al 100%, carbón molido inicialmente en la Planta de Carbón de Atocongo – Lima. Es el caso, que el carbón nacional requiere mayor finura de molienda, pues presenta mayor contenido de cenizas y menor contenido de volátiles que el carbón importado. Al inicio del uso del carbón nacional en los Hornos, se presentaron un sin número de problemas operativos, los mismos que se fueron solucionando con inversiones adicionales de capital, para modificaciones en la regulación de los quemadores, cambio del caudal y presión del aire primario, cambio del sistema de aire de transporte, rediseño de la mezcla de harina cruda alimentada a los Hornos, etc., todo lo anotado permitió recuperar gradualmente la estabilidad en la operación de los Hornos.

Por otro lado la empresa ha incorporado a su propiedad la Unidad Minera de Pampahuay-Oyón, la misma que se encuentra alcanzando los niveles de producción de carbón requeridos por la empresa de cemento.

3.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que el carbón necesario para la elaboración del cemento debe de ser procesado en Lima, lo cual implica el transportar la producción de carbón desde el centro minero de Pampahuay hacia Lima, para su molienda y después su posterior traslado a la planta de cemento en Condorcocha; lo cual genera un doble costo de flete y en vista de los buenos resultados obtenidos en las pruebas de quema de carbón nacional, Hicieron que la empresa optará por la inversión en una planta de carbón propia.

Así en el año 2003, es cuando la Empresa decide invertir en una Planta de Molienda de Carbón para su Fábrica de Cemento en Condorcocha.

CAPITULO IV

FABRICACION DE EQUIPOS

4.1 PLANIFICACIÓN DE LA FABRICACIÓN

Al inicio del proyecto como parte de la planificación se elaboro el cronograma para la fabricación de los diferentes equipos y estructuras del proyecto; este se realizo con supuestos basados en la experiencia del personal participante en el proyecto, en ellos se consigno: las tareas a realizar, la cantidad de personal para cada una de ellas, el rendimiento del personal asi como el uso de consumibles. Durante el desarrollo del proyecto se fueron controlando todas estas variables y realizando los ajustes cuando se hizo necesario.

4.2 Uso de Equipos

Para evitar costos adicionales innecesarios y una eficiente utilización del equipo de construcción se realizo con anticipación el cronograma de utilización de los principales equipos de construcción requeridos. A continuación se consigna el *Cronograma de usos de equipos*

Proyecto Montaje de Planta de Carbón

CRONOGRAMA DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	TOTAL MESES
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
DIRECTOS												
1	Máquina de soldar 400A	Eq	8	15	25	35	35	35	30	30	5	218,0
2	Transformador 440 @ 220V	Eq				1	1	1	1	1	1	3,0
3	Montacarga 7.5 Ton	Eq		1	1	1	1	1	1	1		5,0
4	Camión con grúa Hiab 12Tn	Eq			1	1	1	1	1	1		4,0
5	Grúa 60 Ton	Eq				1	1	1	1	1		3,0
6	Grúa 30 Ton	Eq	1	1	1	1	1	1				6,0
7	Roscadora Riggid	Eq			1	1	1	1	1	1		4,0
8	Tablero eléctrico	Eq			8	8	8	8	8	8		48,0
9	Roladora	Eq				1	1	1	1	1		5,0
INDIRECTOS												
1	Pick Up	Eq				1	1	1	1	1	1	2,0
TOTAL			9	17	37	51	51	51	45	45	7	298

4.3 DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL

Para la ejecución de los diversos trabajos se elaboró una matriz de distribución del personal en la cual se consignan los diferentes trabajos a realizar, el rendimiento proyectado para cada uno de ellos, las horas a trabajar, los tiempos de trabajo y el personal por categoría asignado a los mismos.

Todo lo antes dicho esta reflejado en la *Matriz de distribución de personal* que a continuación se adjunta.

MATRIZ DE DISTRIBUCION DE PERSONAL

MANO DE OBRA				3,1522	2,2065	2,2065	1,5761	1,2609	
ITEM No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad Piezas	Peso Fabric. (kg)	SUPERVISOR Horas	SOLDADOR Horas	CALDERERO Horas	OFICIAL Horas	AYUDANTE Horas	TOTAL Horas
304,00	ALMACENAMIENTO, DOSIFICACION Y TRANSPORTE A TRITUR		46.255						
304,01	Tolvas de Almacenamiento de Carbón	2	37.950	152	1.139	949	446	380	3.066
304,02	Forro de acero inoxidable en zona interior inferior de tolvas	2	450	2	23	30	23	23	101
304,04	Compuertas de agujas	2	1.380	6	37	28	15	14	100
304,05	Juntas de expansión	2	345	1	20	69	43	46	179
304,08	Chute de descarga del transportador de cadena hacia triturad	1	650	3	20	28	22	26	99
304,09	Compuerta de doble placa pendular de alimentación a Tritura	1	650	3	20	33	22	22	100
304,10	Plataformas de mantenimiento diversas y escaleras de acces	---	3.220	13	97	107	81	81	379
304,11	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y p	---	1.610	6	85	54	32	27	204
305,00	MOLIENDA Y SEPARACION		62.305						
305,01	Trituradora Tandem	1	12.800	64	384	512	427	320	1.707
305,02	Ducto de ascenso a separador	1	2.520	10	61	53	32	28	184
305,05	Sistema de engrase del piñón y catalina del molino	1	20	1	1	2	1	2	7
305,06	Sistema de lubricación de las chumaceras	2	50	1	2	2	2	4	11
305,07	Espiral de alimentación del molino	1	1.680	7	50	28	21	19	125
305,08	Espiral de descarga del molino a trituradora	1	1.100	4	33	18	16	12	83
305,13	Separador estático	1	27.025	108	1.622	1.930	2.703	2.703	9.066
305,14	Compuerta pendular en salida de gruesos del separador	1	750	3	23	38	25	25	114
305,15	Chute descarga separador hacia transportador de cadena de	1	450	2	14	20	15	18	69
305,17	Chute descarga de transportador de cadena hacia molino de	1	780	3	23	34	26	35	121
305,18	Compuerta de doble placa pendular de alimentación al Molino	1	850	3	26	43	28	28	128
305,19	Chute de descarga del molino	1	4.650	19	140	202	155	211	727
305,20	Oído electrónico	1	30	0	1	1	1	0	3
305,21	Plataformas de mantenimiento diversas y escaleras de acces	---	6.400	26	192	213	160	160	751
305,22	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y p	---	3.200	13	171	160	80	64	488
306,00	FILTRO DE MANGAS DE PROCESO Y FILTROS DE MANGAS DE		268.438						
306,01	Ducto de salida del Separador hacia Filtro de Mangas	1	5.400	22	130	135	68	60	415
306,04	Filtro de mangas de proceso	1	180.000	720	4.320	4.500	3.000	2.571	15.111
306,05	Ductos del Filtro al ventilador y de ventilador a chimenea	2	19.800	79	594	707	283	248	1.911
306,06	Ducto de la compuerta de explosión al filtro	1	5.200	21	156	173	95	80	525
306,07	Válvula de regulación del flujo de gases al ventilador	1	1.200	5	48	48	82	86	269
306,08	Ventilador (rotor y chumaceras es suministro de Cemento An	1	14.500	58	435	363	239	678	1.773
306,09	Tube sheets de plancha de acero naval de 3/16" x 6' x 20'	12	2.800	11	112	140	202	227	692
306,10	Elementos de rigidización de los tube sheets	---	11.200	45	448	448	320	280	1.541
306,11	Chimenea	1	17.500	70	420	318	194	184	1.186
306,12	Transportadores helicoidales bajo tolvas del filtro	2	3.200	13	119	119	190	214	655
306,14	Chutes desde válvulas rotativas a transportador helicoidal rev	2	300	1	9	10	10	7	37
306,18	Ductos de despolvo	---	800	3	24	23	16	13	79
306,19	Chute descarga Jet-Pulse	2	500	2	15	22	17	23	79
306,20	Plataformas de mantenimiento diversas y escaleras de acces	---	4.025	16	121	81	121	162	501
306,21	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y p	---	2.013	8	108	45	92	92	345

307,00	SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO FINAL A SILOS		13.900						
307,02	Líneas de aire comprimido	2	3.600	14	192	113	244	244	807
307,03	Enfriadores de aire	2	200	1	11	6	10	8	36
307,05	Válvulas de dos vías	2	300	1	15	10	20	24	70
307,06	Tubería de transporte neumático	1	9.800	39	294	490	490	327	1.640
308,00	DUCTOS DE GASES INERTES		117.113						
308,01	Compuertas de guillotina de toma de gases de los Hornos 3 y 4	3	9.000	38	270	225	248	198	977
308,02	Ductos de gases calientes desde los Hornos 2 y 3 hasta el ciclón	2	44.390	178	1.086	1.110	555	493	3.402
308,03	Ciclón despolvORIZADOR	1	9.500	38	285	211	149	149	832
308,05	Chute con compuerta direccional de dos posiciones a la descarga	1	580	2	17	19	19	13	70
308,06	Chutes de descarga del ciclón	2	460	2	14	12	8	22	58
308,07	Ductos de gases calientes desde el ciclón despolvORIZADOR hasta el molino	1	18.630	75	447	466	233	207	1.428
308,08	Válvula mariposa ϕ 1.400 mm. regulación de flujo principal (aire caliente)	1	480	2	19	19	32	34	106
308,09	Ducto de gases calientes a ingreso molino	1	2.622	10	63	66	33	29	201
308,10	Válvula mariposa ϕ 600 mm. regulación gases calientes a ingreso molino	1	160	1	8	4	10	8	31
308,11	Ducto de gases "fríos" a ingreso molino	1	1.656	7	40	41	21	18	127
308,12	Válvula mariposa ϕ 1.000 mm. regulación gases "fríos" a ingreso molino	1	250	1	13	6	15	14	49
308,13	Ducto de gases "fríos" a ingreso tritadora	1	13.110	52	314	328	164	146	1.004
308,14	Válvula mariposa ϕ 1.000 mm. regulación gases "fríos" a ingreso tritadora	1	250	1	13	6	15	14	49
308,15	Ducto de gases "fríos" a salida molino	1	1.242	5	30	31	16	14	96
308,16	Válvula mariposa ϕ 500 mm. regulación gases fríos a salida molino	1	120	0	7	3	8	7	25
308,17	Plataformas de mantenimiento y escaleras de acceso	—	9.775	39	293	196	293	391	1.212
308,18	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y parrillas	—	4.888	20	261	109	222	222	834
309,00	SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION		7.680						
309,01	Líneas de agua de refrigeración de alimentación	—	2.400	10	128	80	166	125	509
309,02	Líneas de agua de refrigeración de retorno con soportería	—	3.600	14	192	120	250	187	763
309,03	Tanque colector de retornos	1	380	2	11	10	8	11	42
309,04	Línea de agua de retorno general con soportería	1	1.300	5	69	43	90	67	274
310,00	SISTEMA DE INERTIZACION CON CO ₂		280						
310,05	Soportería diversa para líneas de distribución	—	280	1	7	5	4	4	21
311,00	SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO		3.730						
311,01	Toma de aire comprimido desde compresoras Atlas Copco G	1	1.800	7	96	51	118	118	390
311,02	Tanque de aire comprimido de instrumentación	1	750	3	31	25	39	45	143
311,03	Tanque de aire comprimido de servicio	1	580	2	23	19	33	33	110
311,04	Líneas distribución aire comprimido a los filtros	—	300	1	16	10	21	16	64
311,05	Líneas para control de válvulas del filtro principal	—	300	1	16	10	21	16	64
312,00	OTRAS ESTRUCTURAS		20.800						
312,01	Monomiel de mantenimiento del molino y auxiliares	1	10.300	41	309	206	172	158	886
312,03	Otros monomiel para mantenimiento	8	10.500	42	315	210	263	263	1.093
313,00	MOTORES GRANDES, CELDAS, TABLEROS, TRAFOS, BANCO DE		1.800						
313,19	Bases y soportes diversos	—	1.800	7	54	45	45	60	211
TOTAL FABRICACIONES SIN SUMINISTRO DE MATERIALES POR EL CLIENTE Y MON			542.300,40	2.184	16.161	15.991	13.340	12.858	60.554

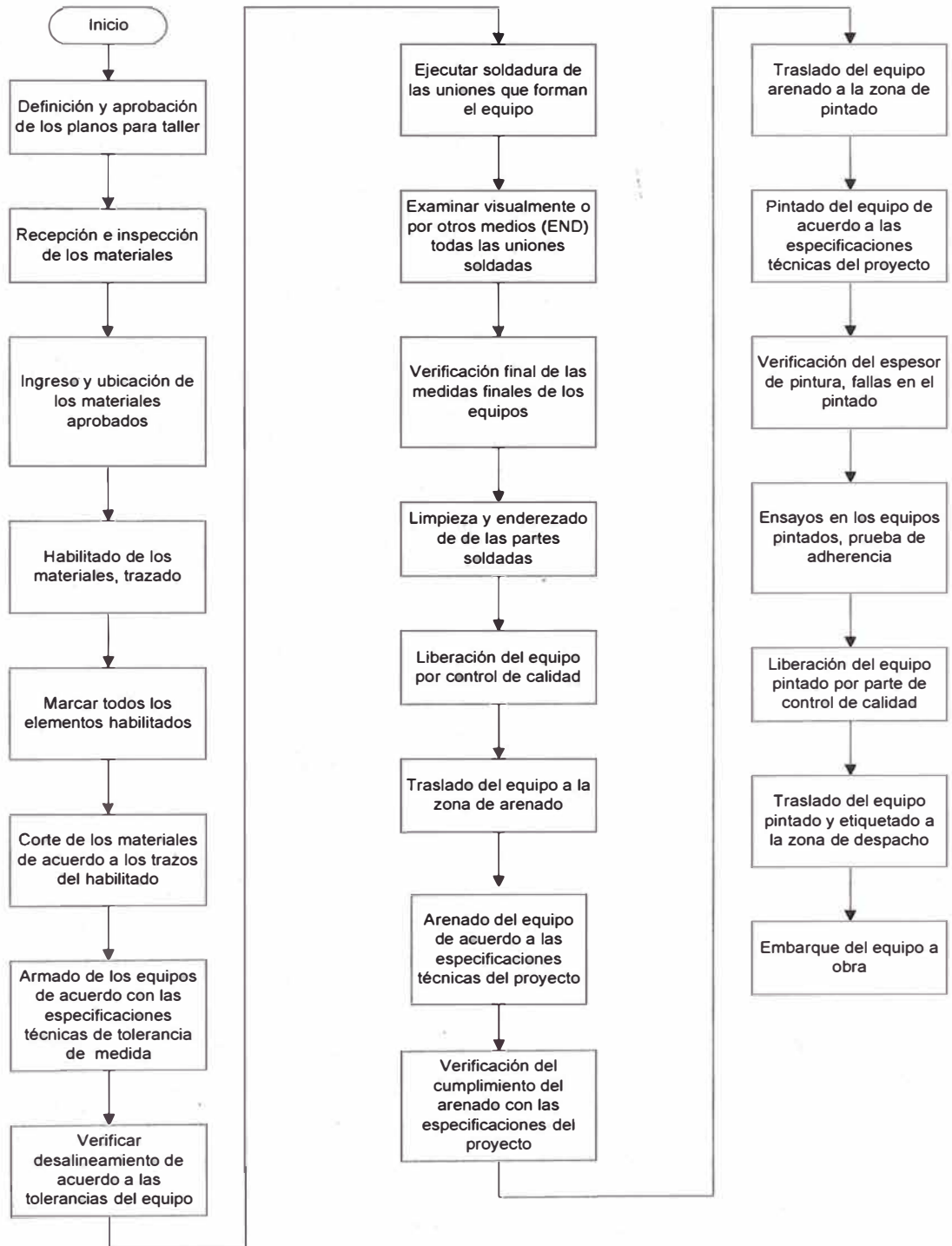
4.4 USO DE CONSUMIBLES

La distribución y cantidad de los consumibles calculados para cada una de las actividades de fabricación se reflejo en una matriz en la cual se tuvo en consideración las condiciones de trabajo, los ratios de rendimiento de los gases, la soldadura y otros equipos para la fabricación y montaje.

A continuación se consigna la *Matriz de distribución de consumibles*.

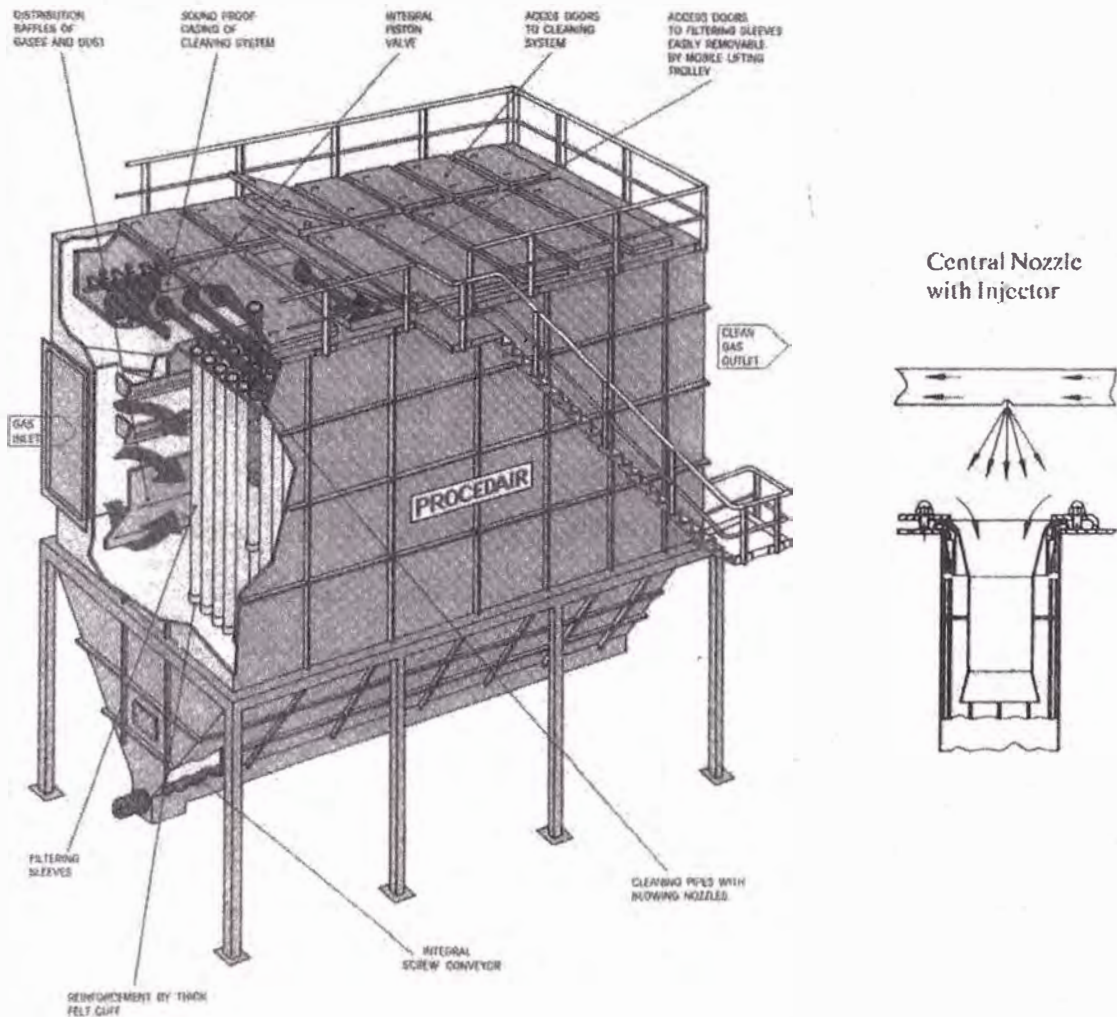
307,00	SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO FINAL A SILOS		13.900				
307,02	Líneas de aire comprimido	2	3.600	144	0,72	0,14	9,00
307,03	Enfriadores de aire	2	200	8	0,04	0,01	0,50
307,05	Válvulas de dos vías	2	300	12	0,06	0,01	0,75
307,06	Tubería de transporte neumático	1	9.800	294	1,96	0,39	24,50
308,00	DUCTOS DE GASES INERTES		117.113				
308,01	Compuertas de guillotina de toma de gases de los Hornos 3 y 2 y de aislamiento	3	9.000	270	1,80	0,36	22,50
308,02	Ductos de gases calientes desde los Hornos 2 y 3 hasta el ciclón despolvORIZADOR	2	44.390	1.332	8,88	1,78	110,98
308,03	Ciclón despolvORIZADOR	1	9.500	285	1,90	0,38	23,75
308,05	Chute con compuerta direccional de dos posiciones a la descarga del ciclón	1	580	17	0,12	0,02	1,45
308,06	Chutes de descarga del ciclón	2	460	14	0,09	0,02	1,15
308,07	Ductos de gases calientes desde el ciclón despolvORIZADOR hasta la Trituradora	1	18.630	559	3,73	0,75	46,58
308,08	Válvula mariposa ϕ 1.400 mm. regulación de flujo principal	1	480	14	0,10	0,02	1,20
308,09	Ducto de gases calientes a ingreso molino	1	2.622	79	0,52	0,10	6,56
308,10	Válvula mariposa ϕ 600 mm. regulación gases calientes a ingreso molino	1	160	6	0,03	0,01	0,40
308,11	Ducto de gases "fríos" a ingreso molino	1	1.656	50	0,33	0,07	4,14
308,12	Válvula mariposa ϕ 1.000 mm. regulación gases "fríos" a ingreso molino	1	250	10	0,05	0,01	0,63
308,13	Ducto de gases "fríos" a ingreso Trituradora	1	13.110	393	2,62	0,52	32,78
308,14	Válvula mariposa ϕ 1.000 mm. regulación gases "fríos" a ingreso Trituradora	1	250	10	0,05	0,01	0,63
308,15	Ducto de gases "fríos" a salida molino	1	1.242	37	0,25	0,05	3,11
308,16	Válvula mariposa ϕ 500 mm. regulación gases fríos a salida molino	1	120	5	0,02	0,00	0,30
308,17	Plataformas de mantenimiento y escaleras de acceso	---	9.775	293	1,96	0,39	24,44
308,18	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y pasos de escaleras	---	4.898	196	0,98	0,20	12,22
309,00	SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION		7.680				
309,01	Líneas de agua de refrigeración de alimentación	---	2.400	96	0,48	0,10	6,00
309,02	Líneas de agua de refrigeración de retorno con soporteria	---	3.600	144	0,72	0,14	9,00
309,03	Tanque colector de retornos	1	380	11	0,08	0,02	0,95
309,04	Línea de agua de retorno general con soporteria	1	1.300	52	0,26	0,05	3,25
310,00	SISTEMA DE INERTIZACION CON CO²		280				
310,05	Soporteria diversa para líneas de distribución	---	280	8	0,06	0,01	0,70
311,00	SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO		3.730				
311,01	Toma de aire comprimido des de compresoras Allas Copco GA-1207 existentes y oper	1	1.800	72	0,36	0,07	4,50
311,02	Tanque de aire comprimido de instrumentación	1	750	23	0,15	0,03	1,88
311,03	Tanque de aire comprimido de servicio	1	580	17	0,12	0,02	1,45
311,04	Líneas distribución aire comprimido a los filtros	---	300	12	0,06	0,01	0,75
311,05	Líneas para control de válvulas del filtro principal	---	300	12	0,06	0,01	0,75
312,00	OTRAS ESTRUCTURAS		20.800				
312,01	Monomel de mantenimiento del molino y auxiliares	1	10.300	309	2,06	0,41	25,75
312,03	Otros monomel para mantenimiento	6	10.500	315	2,10	0,42	26,25
313,00	MOTORES GRANDES, CELDAS, TABLEROS, TRAFOS, BANCO DE BATERIAS Y		1.800				
313,19	Bases y soportes diversos	---	1.800	54	0,36	0,07	4,50
TOTAL FABRICACIONES SIN SUMINISTRO DE MATERIALES POR EL CLIENTE Y MON			542.300,40	16.532	108,46	21,69	1.355,75

**Diagrama de Flujo del Proceso de
Fabricación**



4.5 EQUIPOS FABRICADOS

4.5.1 Filtro de Mangas



4.5.1.1 Descripción y Características

La captación y depuración de partículas presenta una problemática muy diversa en los distintos procesos industriales que generan emisiones a la atmósfera. La recuperación de productos en polvo del gas de descarga es vital para cualquier

industria para evitar los problemas de polución o aumentar el rendimiento de la planta.

Los filtros de mangas son uno de los equipos más representativos de la separación sólido-gas mediante un medio poroso: aparecen en todos aquellos procesos en los que sea necesaria la eliminación de partículas sólidas de una corriente gaseosa. Eliminan las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa haciéndola pasar a través de un tejido.

La eliminación de polvo o de las pequeñas gotas que arrastra un gas puede ser necesaria bien por motivos de contaminación, para acondicionar las características de un gas a las tolerables para su vertido a la atmósfera, bien como necesidad de un proceso para depurar una corriente gaseosa intermedia en un proceso de fabricación. En ocasiones el condicionante de la separación será un factor de seguridad, ya que algunos productos en estado de partículas muy finas forman mezclas explosivas con el aire.

Los filtros de mangas son capaces de recoger altas cargas de partículas resultantes de procesos industriales de muy diversos sectores, tales como: cemento, yeso, cerámica, caucho, química, petroquímica, siderúrgica, automovilística, cal, minera, amianto, aluminio, hierro, coque, silicatos, almidón, carbón, anilina, fibras de granos, etc.

La recogida de polvo o eliminación de partículas dispersas en gases se efectúa para finalidades tan diversas como:

Control de la contaminación del aire.

Reducción del coste de mantenimiento de los equipos.

Eliminación de peligros para la salud o para la seguridad.

Mejora de la calidad del producto.

Recuperación de productos valiosos.

Recogida de productos en polvo.

FUNCIONAMIENTO

la separación del sólido se efectúa haciendo pasar el aire con partículas en suspensión mediante un ventilador, a través de la tela que forma la bolsa, de esa forma las partículas quedan retenidas entre los intersticios de la tela formando una torta filtrante. De esta manera la torta va engrosando con lo que aumenta la pérdida de carga del sistema. Para evitar disminuciones en el caudal se procede a efectuar una limpieza periódica de las mangas.

Los filtros de mangas constan de una serie de bolsas con forma de mangas, normalmente de fibra sintética o natural, colocadas en unos soportes para darles consistencia y encerrados en una carcasa de forma y dimensiones muy similares a las de una casa. El gas sucio, al entrar al equipo, fluye por el espacio que está debajo de la placa a la que se encuentran sujetas las mangas y hacia arriba para introducirse en las mangas.

A continuación el gas fluye hacia afuera de las mangas dejando atrás los sólidos. El gas limpio fluye por el espacio exterior de los sacos y se lleva por una serie de conductos hacia la chimenea de escape.

Contienen además una serie de paneles para redireccionar el aire, dispositivos para la limpieza de las mangas y una tolva para recoger las partículas captadas.

OPERACIÓN DE FILTRACIÓN:

- Una corriente de gas cargado de polvo entra al equipo, choca contra una serie de paneles y se divide en varias corrientes.

- Las partículas más gruesas se depositan directamente en el fondo de la tolva cuando chocan contra dichos paneles.
- Las partículas finas se depositan en la superficie del tejido cuando el gas pasa a través de la bolsa.
- Una vez que el gas ha sido filtrado, éste fluye (ya limpio) a través de la salida y se descarga a la atmósfera por medio de un ventilador.

OPERACIÓN DE LIMPIEZA:

- Las partículas depositadas en la superficie de la bolsa se sacuden durante un breve periodo de tiempo por medio de aire comprimido inyectado desde una tobera hacia la bolsa, o bien de manera mecánica.
- El chorro de propulsión actúa periódicamente mediante un controlador automático de secuencia.
- El polvo recogido en el fondo de la tolva se descarga mediante un transportador de tornillo helicoidal y una válvula rotativa.

La limpieza de las mangas no es completa en ningún caso debido a la dificultad para desprender la torta en su totalidad y también porque, si se aplicaran procedimientos más vigorosos de limpieza, el desgaste de las mangas sería mayor y se provocaría un mayor número de paradas de planta motivadas por el cambio de las mangas.

La eficacia del filtro será baja hasta que se forme sobre la superficie del tejido filtrante una capa que constituye el medio filtrante para la separación de partículas finas.

Una vez superada la fase inicial, los filtros de mangas son equipos muy eficientes (sus eficacias sobrepasan con frecuencia el 99,9%), con lo que su aplicación en la industria es cada vez mayor.

La limitación más importante que se da en los filtros de mangas es la debida a la temperatura, ya que se debe tener en cuenta el material del que está constituida la tela para conocer la temperatura máxima que se puede aplicar.

Así para fibras naturales la temperatura máxima a aplicar es alrededor de 90°C. Los mayores avances dentro de este campo se han dado en el desarrollo de telas hechas a base de vidrio y fibras sintéticas, que han aumentado la temperatura máxima aplicable hasta rangos de 230 a 260 °C.

Otros factores que pueden afectar a la operación del filtro de mangas son el punto de rocío y el contenido de humedad del gas, la distribución del tamaño de las partículas y su composición química.

4.5.2 Tipos de Filtros de Mangas

La característica principal que diferencia unos tipos de filtros de mangas de otros es la forma en que se lleve a cabo su limpieza. Esto además condiciona que los filtros sean continuos o discontinuos. - continuos: la limpieza se realiza sin que cese el paso del aire por el filtro - discontinuos: es necesario aislar temporalmente la bolsa de la corriente de aire. Según este criterio, se tienen tres tipos principales de filtros de mangas:

- **Por sacudida:** se realiza cuando existe la posibilidad de suspender el servicio del filtro durante un corto periodo de tiempo. Por tanto, exige un funcionamiento discontinuo con un ciclo de filtración y otro de limpieza. El tipo más barato y sencillo consiste en un cierto número de bolsas reunidas en el interior de una carcasa. Funciona con una velocidad aproximada de 0,01 m/s a través de la bolsa filtrante. La limpieza se puede llevar a cabo manualmente para unidades pequeñas.

Existe también una versión más complicada y robusta que incluye un mecanismo automático de agitación para la limpieza de las telas que puede funcionar por métodos mecánicos, vibratorios o de pulsación. Las bolsas están sujetas a un soporte

mecánico conectado a un sistema capaz de emitir sacudidas o vibraciones mediante un motor eléctrico. Al ser el tejido más grueso, se pueden utilizar velocidades frontales más elevadas, de hasta 0,02 m/s, y permite el funcionamiento en condiciones más severas que las admisibles en el caso anterior.

- **Por sacudida y aire inverso:** se emplea para conseguir un funcionamiento en continuo, para ello los elementos filtrantes deben encontrarse distribuidos entre dos o más cámaras independientes, cada una de las cuales dispone de su propio sistema de sacudida y de una entrada de aire limpio. El aire entra en las mangas en sentido contrario por medio de un ventilador que fuerza el flujo, de fuera a dentro, lo que favorece la separación de la torta.
- **Por aire inverso:** existen muchos dispositivos diferentes pero el mecanismo habitual de limpieza consiste en la introducción, en contracorriente y durante un breve periodo de tiempo de un chorro de aire a alta presión mediante una tobera conectada a una red de aire comprimido. La velocidad frontal alcanza aproximadamente 0,05 m/s y es posible tratar altas concentraciones de polvo con elevadas eficacias. Mediante este tipo de filtro se pueden tratar mezclas de difícil separación en una unidad compacta y económica. Este mecanismo de limpieza se denomina también de chorros pulsantes o 'jet pulse' y es más eficaz que las anteriores.
- La limpieza se efectúa mediante impulsos de aire comprimido a través de un programador de ciclos con variación regulable de tiempo y pausa.
- Para una correcta efectividad en un sistema de filtración de polvo hay que tener en cuenta las características del polvo a tratar, grado de humedad, temperatura, espacio disponible y otros factores específicos.
- La elección del tejido filtrante depende del tipo de polvo a retener y el nivel de emisión deseado. Existe una gama de tipos y calidades específicas para cada caso, que permiten trabajar a temperaturas de hasta 400°C. Para seleccionar el tipo de manga necesaria se considera:
- ser resistente química y térmicamente al polvo y al gas

- que la torta se desprenda fácilmente
- que la manga recoja el polvo de manera eficiente
- que sea resistente a la abrasión ocasionada por el polvo
- el caudal y la velocidad del gas
- El tamaño de las partículas a separar por los filtros de mangas será entre 2 y 30 μm . Sin embargo; no es usual disponer de medios filtrantes con poros tan pequeños como para retener las partículas que transporta el gas, debido a que los diámetros de éstas son extraordinariamente pequeños. Por tanto la filtración no comienza a efectuarse de manera efectiva hasta que no se han acumulado una cierta cantidad de partículas sobre la superficie de la bolsa en forma de torta filtrante.
- Así puede decirse que el sistema de filtración que se da en los filtros de mangas es análogo al de los filtros por torta, donde el medio filtrante actúa únicamente como soporte de la torta y es ésta la que realiza realmente la operación.

4.5.2 Transportador de Cadena

4.5.2.1 Descripción y Características

Estos equipos son ideales para transportar materiales que no pueden ser llevados sobre una banda de goma debido a las características químicas o térmicas de los mismos. Esta compuesto básicamente de una caja cerrada de acero con recubrimientos antidesgaste por donde se desplazan la o las cadenas que arrastran el material hasta la descarga.

Este tipo de transportador puede tener varios puntos de carga y de descarga sin la necesidad de distancias considerables de separación entre unos y otros, esta característica lo hace especialmente apto para la alimentación o carga de maquinas o conjuntos de maquinas (secadoras de grano, molinos, zarandas, etc.), generalmente las distancias mínimas entre bocas de carga o descarga esta en el orden de los 1500 mm.

Cabezal motriz y accionamiento

El cabezal motriz y el grupo de accionamiento se hallan en uno de los extremos del transportador, esta construido con chapas de acero en forma de caja y en algunos casos recubierto en su interior con material antidesgaste, en su interior se encuentra el eje y la rueda motriz, la cual es accionada por un motorreductor de eje hueco acoplado directamente al mismo. Con el propósito de alinear y tensar la cadena se ubica en los laterales de la caja motriz un tensado por tornillo sencillo que actúa directamente sobre las cajas de rodamiento. En este cabezal se produce la última descarga del material transportado, es muy común proveer al mismo de una puerta de desborde ubicada en la tapa trasera con un switch controlador para producir una parada de emergencia.

Todos los laterales están unidos mediante bulones lo cual permite un rápido y sencillo armado y desarmado.

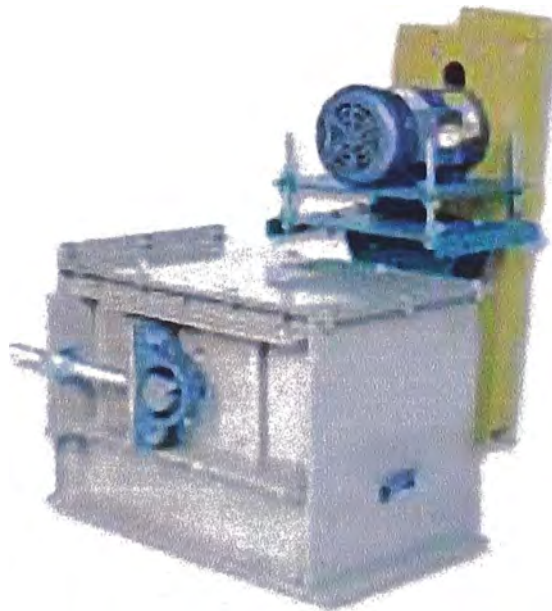


Fig. 4.1 Cabezal motriz y accionamiento

Cabezal tensor o retorno

El cabezal tensor el cual se encuentra en el extremo opuesto al cabezal motriz, esta construido con chapas de acero en forma de caja y no posee recubrimiento antidesgaste ya que el material no llega hasta el debido a que el sentido de circulación del mismo es por el ramal inferior desde el retorno hacia el motriz. Según sea necesario se puede colocar otro sistema de tensado y/o alineación de cadena con similares características al descrito en el cabezal motriz. Todos los laterales están unidos mediante bulones lo cual permite un rápido y sencillo armado y desarmado.

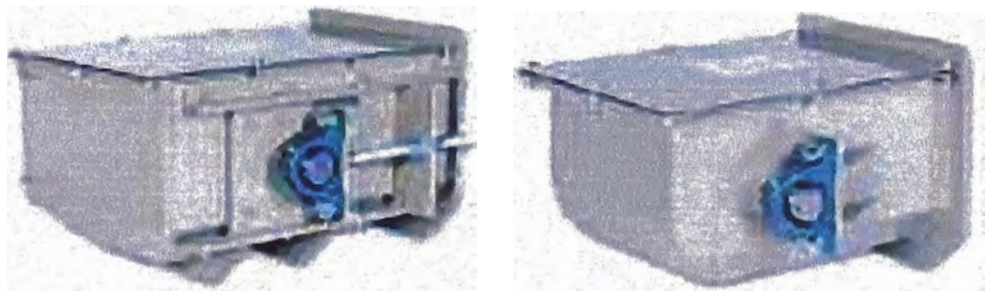


Fig. 4.2 Cabezal tensor o retorno

Cajas intermedias

Estas estructuras intermedias están construidas en módulos de aproximadamente 3000 mm, su función es la de contener el material y guiar la cadena durante el movimiento de transporte, materializando el trazado diseñado para este transportador.

Esta compuesto de laterales, fondo y tapa fabricados con chapas de acero y material antidesgaste en las zonas donde roza el producto transportado para evitar un desgaste prematuro de su estructura. En el fondo o piso se hallan ubicadas guías de material antifricción por donde la o las cadenas y paletas se desplazaran empujando el producto

Por la parte superior de los paneles laterales también se hallan otras guías sobre las cuales se desplazan las paletas del ramal de retorno.

El trazado de estos transportadores puede ser horizontal, inclinado o combinación de ambos, por ello también existe algunas cajas intermedias que realizan esa transición entre la parte plana y la inclinada y viceversa, estos módulos conocidos como curvas tienen el mismo tipo de construcción que los descritos anteriormente y solo se diferencian por la ubicación de ciertos elementos que garantizan la correcta posición de la cadena de transporte dentro de ellos.

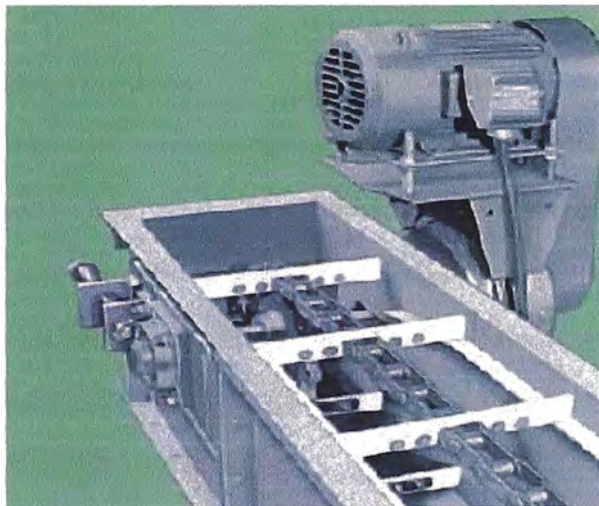


Fig. 4.3 Cajas intermedias

Carga y descarga

Una de las principales ventajas de este tipo de transportadores es que pueden ser cargados y descargados en múltiples puntos y las distancias entre dichos puntos es bastante pequeña (entre 800 y 1500 mm dependiendo de la forma constructiva de las tolvas y dispositivos de cierre para la carga y descarga).

La forma de una típica tolva de carga puede apreciarse en la imagen de la derecha, en ella podemos observar como el punto de carga se ensancha hacia los laterales

para que el material fluya por ambos costados sin atravesar por el centro de la caja intermedia colisionando con la cadena y las paletas del ramal de retorno que viaja por la parte superior de la misma.

Los puntos de descarga se materializan mediante recortes en el fondo o piso del transportador, de un ancho aproximado al ancho de la caja y un largo que varia entre 600 y 1200 mm dependiendo de la cantidad y velocidad del material transportado, por la parte inferior externa a la caja donde se realizan estos recortes se colocan válvulas de corte para permitir o interrumpir la descarga del producto según las necesidades.

Cadenas de transporte y paletas

Las cadenas de transporte están construidas en acero especial tratado, existen de diversos tipos para cubrir la mayoría de las necesidades de transporte. Las paletas de transporte están generalmente construidas en material plástico tipo UHMW y su forma varia según el tipo y capacidad del transportador a cadena, las mas comunes son de forma rectangular para los redlers planos y en forma semicircular o redondeada para los redlers tipo drag.A.

Otro tipo de transportadores a cadena

Existen otros tipos de transportadores a cadena cuya principal aplicación es el transporte de envases o cajas, aquí la cadena cumple la misma función que una banda transportadora pero con algunos beneficios extras como la posibilidad de realizar curvas en el plano de transporte debido a la capacidad de articulación de sus eslabones.

4.5.2.2 Tipos

Existen distintos tipos de transportadores a cadena, a saber:

- Simple fondo.

- Doble fondo.
- Horizontal.
- Tipo Z.
- Especiales.

4.5.3 Trituradora de Martillos

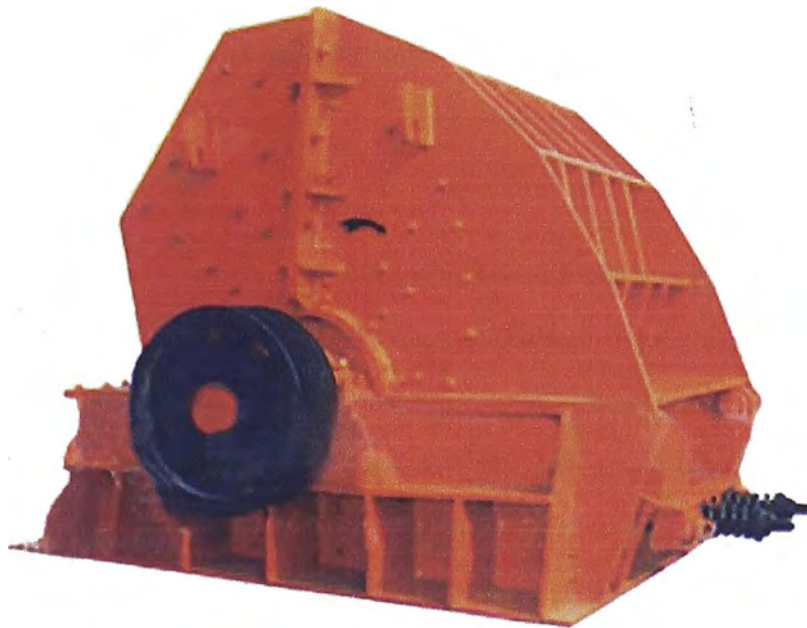


Fig. 4.4 Trituradora de martillos

4.5.3.1 Descripción y Características

La trituradora de martillo tritura por medio de golpes entre el martillo de alta velocidad y el material, y la trituradora de martillo presenta estructura simple, alta reducción de ración, alta eficiencia, etc. La trituradora de martillo esta desarrollada para la trituración seca y mojada de materiales quebradizos y semi duros para minería, cemento, carbón, metalurgia, materiales de construcción, construcción de caminos e industrias del petróleo y químicas.

Principio de operación de la trituradora de martillo

En la máquina del molino de martillos, el motor impulsa al rotor a rotar a una alta velocidad a través de la cinta, y en el rotor hay una serie de martillos. Cuando el material entra en el área de trabajo de martillos, son triturados por los martillos de rotación con alta velocidad rotativa, los productos que son triturados para alcanzar el tamaño requerido pueden ser descargados por la salida y obtener el producto final, los productos con un tamaño mayor son llevados nuevamente al área de trituración por los martillos para ser re triturados hasta que alcancen el tamaño deseado.

4.5.3.2 Tipos

Trituradora de martillos, Un dispositivo que utiliza la energía de las piedras al caer, además de la fuerza que proporcionan los rodetes de gran masa, para completar la trituración de la piedra. También conocido como trituradora de doble rodete.

Trituradora de impacto, Una máquina utilizada para triturar pedazos grandes de material sólido, mediante golpes violentos proporcionados por martillos giratorios, o placas o barras de acero, algunas trituradoras admiten pedazos de material de hasta 28 pulgadas de diámetro (unos 70 cm) que se reducen a 1/4 pulgada (6 mm) y aún más pequeños.

4.5.4 Ventilador de Tiro

4.5.4.1 Descripción y Características

Los ventiladores se usan para circular aire dentro de un espacio, para traer aire a él o liberar aire al espacio, o para mover aire a través de ductos en sistemas de ventilación, calefacción o aire acondicionado.

4.5.4.2 Tipos

Los ventiladores que se emplean comúnmente se pueden dividir en tres tipos generales, de hélice, axiales y centrífugos. Los ventiladores se pueden disponer con variedad de posiciones de descarga y con rotación del impulsor, ya sea en el sentido de las agujas del reloj o viceversa. Salvo raras excepciones, se pueden proporcionar para acoplamiento directo o para bandas V.

VENTILADOR DE HELICE

Este ventilador consiste en una hélice dentro de un anillo o marco de montaje. La dirección de la corriente de aire es paralela a la flecha del ventilador. Se emplea para trasladar aire de un lugar a otro, o hacia el ambiente exterior, o para introducir aire fresco.

Puede manejar grandes volúmenes de aire a una presión estática baja, raramente a presiones estáticas mayores de 25 mm de c.a. Se fabrica en muchos estilos y tipos para trabajos específicos.

Los ventiladores de extracción (extractores) de uso normal, pueden tener desde 2 hasta 16 aspas, dependiendo ello del funcionamiento particular del ventilador.

Generalmente las unidades de poco número de aspas se usan en ventiladores de baja presión y los que cuentan con un número mayor de aspas se emplean en aquellas aplicaciones que requieren presión.

El ancho de las aspas, su ángulo, su velocidad axial y número de etapas, son factores todos que intervienen en el diseño y la capacidad.

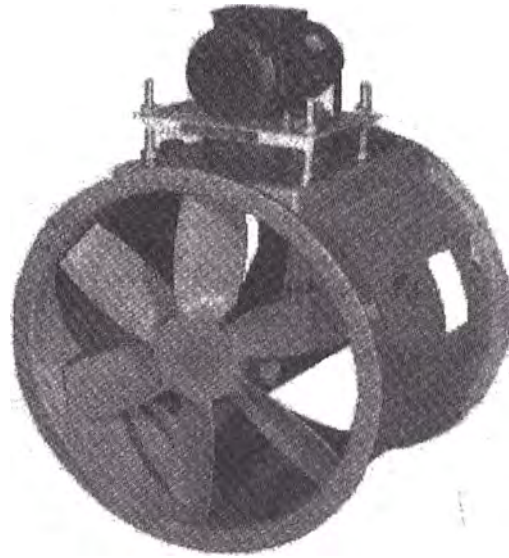


Fig. 4.5 Ventilador de Hélice

VENTILADOR AXIAL.- El ventilador axial es de diseño aerodinámico; los coeficientes de presión ψ oscilan entre $(0,05 \div 0,6)$ pudiendo llegar en algunos diseños hasta 1. Este tipo de ventilador consiste esencialmente en una hélice encerrada en una envolvente cilíndrica.

La adición de álabes-guía, detrás del rotor, convierte al ventilador tubo-axial en un ventilador axial con aletas guía.

Puede funcionar en un amplio rango de volúmenes de aire, a presiones estáticas que van de bajas a medias y es capaz de desarrollar mayores presiones estáticas que el ventilador tubo-axial y ser más eficiente; los álabes-guía, en la succión o en la descarga, o en ambas partes, se han añadido para enderezar el flujo del aire fuera de la unidad.

Aprovechando la conversión del componente rotativo de la corriente de aire, este ventilador puede alcanzar una presión estática más alta que el de tipo de hélice de aspas rectas, a la misma velocidad axial, y hacerlo más eficientemente.

La facilidad de montaje y el flujo del aire en línea recta los hace ideales para muchas aplicaciones; por encima de 75 a 100 mm. de presión estática, los ventiladores axiales se usan pocas veces para servicios de ventilación.

VENTILADOR CENTRÍFUGO

El ventilador centrífugo consiste en un rotor encerrado en una envolvente de forma espiral; el aire, que entra a través del ojo del rotor paralelo a la flecha del ventilador, es succionado por el rotor y arrojado contra la envolvente se descarga por la salida en ángulo recto a la flecha; puede ser de entrada sencilla o de entrada doble.

En un ventilador de entrada doble, el aire entra por ambos lados de la envolvente succionado por un rotor doble o por dos rotores sencillos montados lado a lado. Los rotores se fabrican en una gran variedad de diseños, pudiéndose clasificar, en general, en aquellos cuyas aspas son radiales, o inclinadas hacia adelante, o inclinadas hacia atrás del sentido de la rotación.

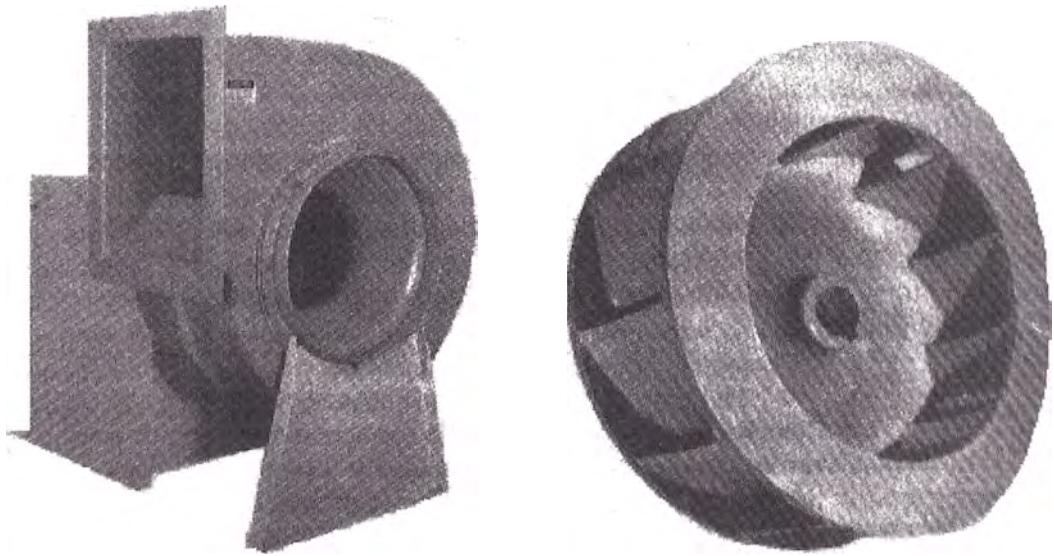


Fig. 4.6 Ventilador Centrífugo

CAPITULO V

EJECUCION DEL MONTAJE DE EQUIPOS

5.1. PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE

Al inicio del proyecto como parte de la planificación se elaboro el programa de montaje, en el cual se consignaba la secuencia en la que se realizarían los trabajos de montaje, teniendo este programa como base se procedió a la elaboración del cronograma de montaje de los diferentes equipos y estructuras que contemplaba el proyecto; en dicha planificación se tuvo en consideración las condiciones de las áreas en las que se realizarían los trabajos, con estas consideraciones se asigno una cantidad de horas hombre y recursos para cada actividad de montaje. Durante el desarrollo del proyecto se fueron controlando todas estas variables y realizando los ajustes cuando se hizo necesario.

5.1.1. Equipos empleados

Para evitar costos adicionales innecesarios y una eficiente utilización del equipo de montaje se realizo con anticipación el cronograma de utilización de los principales equipos de montaje requeridos.

5.1.2. Distribución del personal

Para la ejecución de los diversos trabajos se elaboró una matriz de distribución del personal en la cual se consignan los diferentes montajes a realizar y el personal por categoría asignado a los mismos. A continuación se muestra la matriz del personal asignado a cada actividad de montaje.

ITEM No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad Piezas	Peso Equipo (kg)	Rendimiento Kg/hr	Horas Hombre	# operarios	NUMERO DE DIAS	NUMERO DE SEMANAS
100,00	RECUPERACION DE EQUIPOS EXISTENTES	2	2.400,00		160			
100,01	Filtro despulvizador de cadena de recirculación	1	1.200	15	80	2	4	1
100,02	Filtro despulvizador de bombas de transporte neumático	1	1.200	15	80	2	4	1
TOTAL RECUPERACION DE EQUIPOS EXISTENTES Y MONTAJE MECANICO			2.400					
ITEM No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad Piezas	Peso Montaje (kg)	Rendimiento Kg/hr	Horas Hombre	# operarios	NUMERO DE DIAS	NUMERO DE SEMANAS
304,00	ALMACENAMIENTO, DOSIFICACION Y TRANSPORTE A TRITURADOR		59.525,00		5.766			
304,01	Tolvas de Almacenamiento de Carbón	2	37.950	13	2.919	6	49	7
304,02	Forno de acero inoxidable en zona interior inferior de tolvas	2	450	4	113	2	6	1
304,03	Sistemas de pesaje	2	170	4	43	2	2	0
304,04	Compuertas de agujas	2	1.380	4	345	2	17	2
304,05	Juntas de expansión	2	345	4	86	2	4	1
304,06	Balanzas dosificadoras de carbón	2	3.000	8	375	4	9	1
304,07	Transportador de cadena	1	10.100	10	1.010	4	25	4
304,08	Chute de descarga del transportador de cadena hacia trituradora	1	650	7	93	2	5	1
304,09	Compuerta de doble placa pendular de alimentación a Trituradora	1	650	7	93	2	5	1
304,10	Plataformas de mantenimiento diversas y escaleras de acceso	--	3.220	7	460	4	12	2
304,11	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y pasos de escaleras	--	1.610	7	230	2	12	2
305,00	MOLIENDA Y SEPARACION		279.646,00		16.407			
305,01	Trituradora Tandem	1	22.500	7	3.214	6	54	8
305,02	Ducto de ascenso a separador	1	2.520	7	360	4	9	1
305,03	Molino de Bolas Allis-Chalmers 12' x 18'	1	91.027	30	3.034	8	38	5
305,04	Sistema de accionamiento del molino	1	6.500	15	433	6	7	1
305,05	Sistema de engrase del piñón y catalina del molino	1	110	4	28	2	1	0
305,06	Sistema de lubricación de las chumaceras	2	1.050	4	263	2	13	2
305,07	Espiral de alimentación del molino	1	1.680	8	210	3	7	1
305,08	Espiral de descarga del molino a trituradora	1	1.100	8	138	3	5	1
305,09	Blindajes de pared de entrada del molino	1	6.439	15	429	4	11	2
305,10	Blindajes clasificadores del tubo del molino	1	27.036	15	1.802	8	23	3
305,11	Diagrama de salida	1	7.867	15	524	4	13	2
305,12	Carga de Bolas (φmm) (6045, 5017, 4018, 30112, 25113, 20114)	1	60.000	100	600	6	10	1
305,13	Separador estático	1	27.500	10	2.750	8	34	5
305,14	Compuerta pendular en salida de gruesos del separador	1	750	8	94	2	5	1
305,15	Chute descarga separador hacia transportador de cadena de recirculación	1	450	8	56	2	3	0
305,16	Transportador de cadena de recirculación	1	7.200	10	720	4	18	3
305,17	Chute descarga de transportador de cadena hacia molino de bolas	1	780	8	98	2	5	1
305,18	Compuerta de doble placa pendular de alimentación al Molino	1	850	8	106	2	5	1
305,19	Chute de descarga del molino	1	4.650	8	581	4	15	2
305,20	Oído electrónico	1	37	6	6	1	1	0
305,21	Plataformas de mantenimiento diversas y escaleras de acceso	--	6.400	10	640	4	16	2
305,22	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y pasos de escaleras	--	3.200	10	320	4	8	1

306,00	FILTRO DE MANGAS DE PROCESO Y FILTROS DE MANGAS DE DESE		312.083,00		19.692			
306,01	Ducto de salida del Separador hacia Filtro de Mangas	1	5.400	8		4	17	2
306,02	Válvula de explosión sobre separador	1	720	6		2	6	1
306,03	Válvula de explosión en derivación antes del filtro de mangas.	1	2.275	8	284	2	14	2
306,04	Filtro de mangas de proceso	1	211.000	20	10.550	16	66	9
306,05	Ductos del Filtro al ventilador y de ventilador a chimenea	2	19.800	12	1.650	6	28	4
306,06	Ducto de la compuerta de explosión al filtro	1	5.200	12	4.33	6	7	1
306,07	Válvula de regulación del flujo de gases al ventilador	1	1.720	12	143	2	7	1
306,08	Ventilador (rotor y chumaceras es suministro de Cemento Andino)	1	17.700	15	1.180	4	30	4
306,09	Tube sheets de plancha de acero naval de 3/16" x 6' x 20'	12	2.800	8	350	4	9	1
306,10	Elementos de rigidización de los tube sheets	--	11.200	10	1.120	6	19	3
306,11	Chimenea	1	17.500	15	1.167	6	19	3
306,12	Transportadores helicoidales bajo tolvas del filtro	2	4.180	10	418	4	10	1
306,13	Válvulas rotativas hacia transportador helicoidal reversible	2	1.300	4	325	2	16	2
306,14	Chutes desde válvulas rotativas transportador helicoidal reversible	2	300	8	38	2	2	0
306,15	Transportador helicoidal reversible a bombas de transporte neumático	1	950	10	95	2	5	1
	Compuertas de guillotina	2	300	8	38	2	2	0
306,17	Filtros Jet-Pulse de desempolvado	2	2.400	10	240	4	6	1
306,18	Ductos de desempolvado	--	800	4	200	2	10	1
306,19	Chute descarga Jet-Pulse	2	500	8	63	2	3	0
306,20	Plataformas de mantenimiento diversas y escaleras de acceso	--	4.025	10	403	4	10	1
306,21	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y pasos de escaleras	--	2.013	10	201	4	5	1
307,00	SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO FINAL A SILOS		29.620		3.357			
307,01	Compresoras de transporte neumático	2	4.920	15	328	4	8	1
307,02	Líneas de aire comprimido	2	3.600	4	900	4	23	3
307,03	Enfriadores de aire	2	1.200	4	300	4	8	1
307,04	Bombas de transporte neumático	2	9.140	15	609	4	15	2
307,05	Válvulas de dos vías	2	960	4	240	4	6	1
307,06	Tubería de transporte neumático	1	9.800	10	980	4	25	4
308,00	DUCTOS DE GASES INERTES		122.074		14.501			
308,01	Compuertas de guillotina de toma de gases de los Hornos 3 y 2 y de aislamiento	3	13.280	10	1.326	6	22	3
308,02	Ductos de gases calientes desde los Hornos 2 y 3 hasta el ciclón despolvador	2	44.330	8	5.549	12	46	7
308,03	Ciclón despolvador	1	9.500	10	950	4	24	3
308,04	Válvula rotativa a la descarga del ciclón	1	450	10	45	2	2	0
	Chute con compuerta direccional de dos posiciones a la descarga del ciclón	1	580	8	73	2	4	1
308,06	Chutes de descarga del ciclón	2	460	8	58	2	3	0
308,07	Ductos de gases calientes desde el ciclón despolvador hasta la trituradora	1	18.630	8	2.329	8	29	4
308,08	Válvula manposa ϕ 1.400 mm. regulación de flujo principal	1	351	4	140	2	7	1
308,09	Ducto de gases calientes a ingreso molino	1	2.622	8	328	8	4	1
308,10	Válvula manposa ϕ 600 mm. regulación gases calientes a ingreso molino	1	200	4	50	2	3	0
308,11	Ducto de gases "fríos" a ingreso molino	1	1.656	8	207	12	2	0
308,12	Válvula manposa ϕ 1.000 mm. regulación gases "fríos" a ingreso molino	1	285	4	74	2	4	1
308,13	Ducto de gases "fríos" a ingreso trituradora	1	13.110	8	1.639	8	20	3
308,14	Válvula manposa ϕ 1.000 mm. regulación gases "fríos" a ingreso trituradora	1	285	4	74	2	4	1
308,15	Ducto de gases "fríos" a salida molino	1	1.242	8	155	2	8	1
308,16	Válvula manposa ϕ 500 mm. regulación gases fríos a salida molino	1	160	4	40	2	2	0
308,17	Plataformas de mantenimiento y escaleras de acceso	--	9.775	10	978	4	24	3
308,18	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y pasos de escaleras	--	4.888	10	489	4	12	2

309.00	SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACIÓN		7.680		1.280			
309.01	Lineas de agua de refrigeración de alimentación	---	2.400	6	400	2	20	3
309.02	Lineas de agua de refrigeración de retorno con soportería	---	3.600	6	600	2	30	4
309.03	Tanque colector de retornos	1	380	6	63	2	3	0
309.04	Línea de agua de retorno general con soportería	1	1.300	6	217	2	11	2
310.00	SISTEMA DE INERTIZACIÓN CON CO²		12.160		763			
310.01	Tanque de 10 TM de CO ² con sistema de pesaje, tuberías de interconexión y tablero de control	1	11.000	25	440	4	11	2
310.02	Estación de válvulas	1	500	8	63	2	3	0
310.03	Lineas de distribución de CO ² (tuberías de cobre)	---	300	2	150	2	8	1
310.04	Sistema de agua para enfriamiento del tanque de CO ²	1	80	2	40	2	2	0
310.05	Soportería divers para líneas de distribución	---	280	4	70	2	4	1
311.00	SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO		3.930		753			
311.01	Toma de aire comprimido desde compresoras Atlas Copco GA-1207 existentes y operando	1	1.800	6	300	2	15	2
311.02	Tanque de aire comprimido de instrumentación	1	850	10	85	2	4	1
311.03	Tanque de aire comprimido de servicio	1	680	10	68	2	3	0
311.04	Lineas distribución aire comprimido a los filtros	---	300	2	150	2	8	1
311.05	Lineas para control de válvulas del filtro principal	---	300	2	150	2	8	1
312.00	OTRAS ESTRUCTURAS		22.200		2.150			
312.01	Monomiel de mantenimiento del molino y auxiliares	1	10.300	10	1.030	4	26	4
312.02	Polipasto para mantenimiento del molino y sistema de alimentación eléctrica	1+1	1.400	20	70	2	4	1
312.03	Otros monomiel para mantenimiento	6	10.500	10	1.050	4	26	4
313.00	MOTORES GRANDES, CELDAS, TABLEROS, TRAFOS, BANCO DE BATERIAS		44.200		2.345			
313.01	Celda de Media Tensión para Trato de Distribución	1	1.100	20	55	2	3	0
313.02	Celda de Media Tensión para Molino	1	1.100	20	55	6	1	0
313.03	Celda de Media Tensión para Ventilador	1	1.100	20	55	6	1	0
313.04	Trato de Distribución	1	4.000	20	200	6	3	0
313.05	Trato de Ventilador	1	3.600	20	180	6	3	0
313.06	Trato de Alumbrado y Tomacorrientes	1	200	20	10	6	0	0
313.07	Tablero Centro de Control de Motores (10 cuerpos aprox)	1	6.000	20	300	6	5	1
313.08	Tablero Compensación de Energía Reactiva	1	700	20	35	6	1	0
313.09	Tablero de Periferia Distribuida (4 cuerpos)	1	2.000	20	100	6	2	0
313.10	Tablero de PLC	1	400	20	20	2	1	0
313.11	Tablero Analizador de Gases	1	300	20	15	2	1	0
313.12	Tablero de Variador de Velocidad	1	2.200	20	110	2	6	1
313.13	Motor de Molino	1	9.800	20	490	4	12	2
313.14	Motor de Ventilador	1	4.500	20	225	2	11	2
313.15	Arrancador de Motor de Molino	1	900	20	45	2	2	0
313.16	Arrancador de Motor de Ventilador (En caso se opla)	1	900	20	45	2	2	0
313.17	Motor de Trituradora de Martillos 82304ME01	1	3.100	20	155	2	8	1
313.18	Arrancador de Motor de Trituradora de Martillos	1	500	20	25	2	1	0
313.19	Bases y soportes diversos	---	1.800	8	225	2	11	2
TOTAL FAB			895.518,00		67.174			

ITEM No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad Piezas	Suministro (m ²)					
401.00	 AISLAMI ENTOTERMICO (Incluye elementos desmontables en tapas de		45.720		10.800			
401.01	Ductos de Gases calientes con colchoneta de 4" y densidad de 80 kg/m ³	---	20.700	4,50	4.600	12	38	5
401.02	Ductos de Gases de recirculación con colchoneta de 2" y densidad de 80 kg/m ³	---	1.440	1,50	960	2	48	7
401.03	Ciclón despolvORIZADOR con colchoneta de 4" y densidad de 80 kg/m ³	---	2.520	4,50	560	8	7	1
401.04	Filtro de Mangas Principal con colchoneta de 4" y densidad de 80 kg/m ³	---	18.900	4,50	4.200	1/2	35	5
401.05	Separador estático	---	1.440	4,50	320	8	4	1
401.06	Ducto de ascenso de gases al separador estático	---	720	4,50	160	2	8	1
TOTAL SUMINISTRO E INSTALACION DE AISLAMIENTO TERMICO			941.238,00		77.974			

5.1.3. Uso de Consumibles

La distribución y cantidad de los consumibles calculados para cada una de las actividades de montaje se reflejó en una matriz en la cual se tuvo en consideración las condiciones de trabajo.

5.2. VERIFICACIÓN DE LAS OBRAS CIVILES

5.2.1. Verificación de las bases de equipos

Se efectuó el trazo y/o verificación en el terreno los datos indicados en los planos suministrados por la supervisión de obra, con el fin de comprobar la existencia de variaciones que pueden ser causados por vicios ocultos o factores no tomados en cuenta en el momento de la ejecución de las obras civiles del proyecto.

Se hicieron las mediciones en las bases donde se realizaron los trabajos de montaje de las estructuras y equipos, para comprobar si estas tenían las medidas requeridas, para compatibilizar con las de los equipos y estructuras.

Los controles fueron:

- Control de dimensiones
- Verificación de cotas
- Estado de conservación de las bases
- Estado de los pernos de anclaje aplicables.
- Estado y cotas de las tuberías de conexiones.

5.5.2. Replanteo de obras civiles

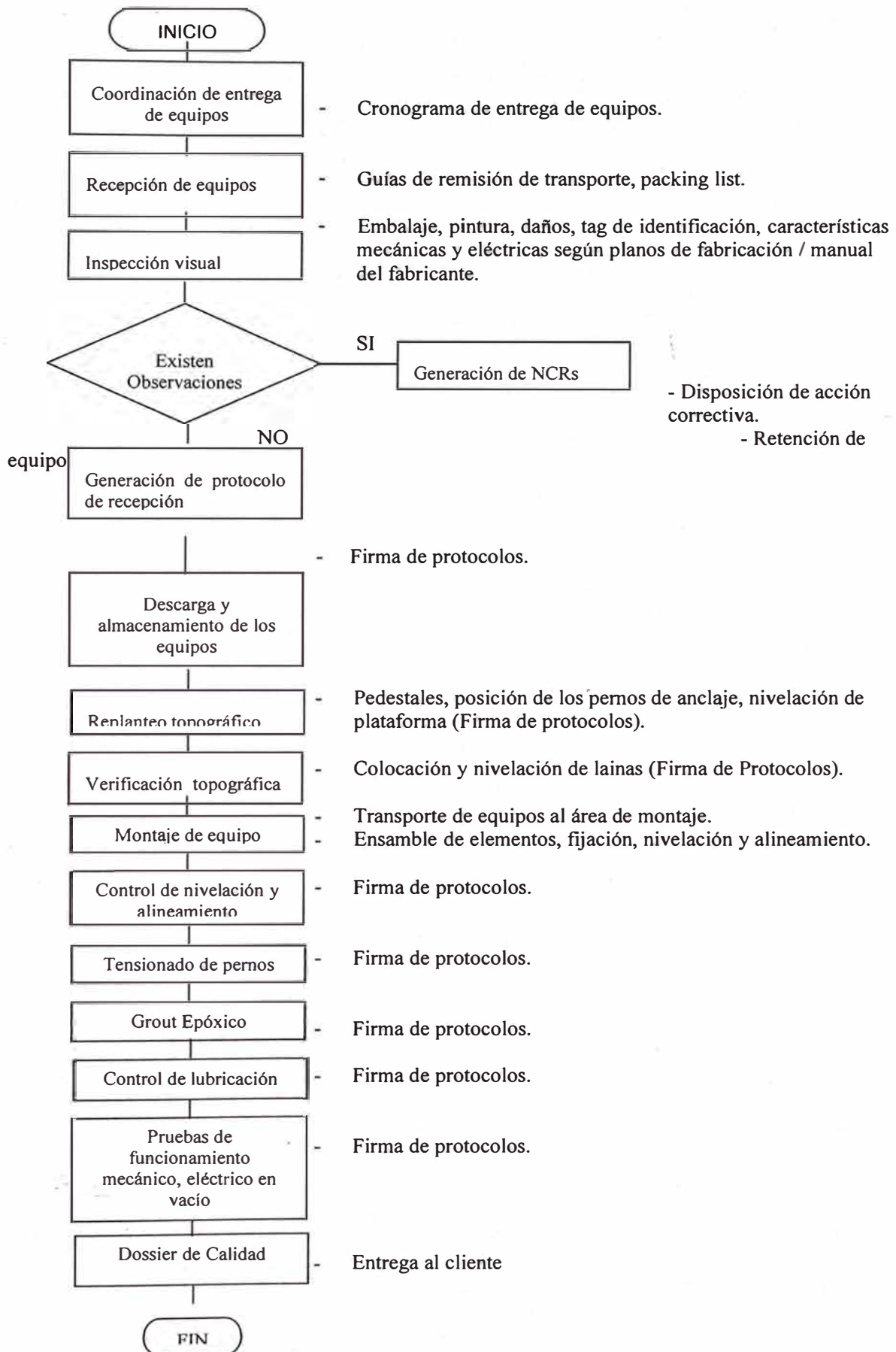
Posterior a las inspecciones realizadas a las bases tanto de las estructura como de los equipos a instalar, que contemplo la verificación dimensional de la base, los cimientos, los pernos de anclaje y el replanteo de ejes y cotas, se encontraron algunas diferencias que fueron registradas por el departamento de calidad y entregadas a la supervisión.

En los lugares donde se encontraron diferencias con los planos, se realizaron las consultas de ingeniería necesarias al Ingeniero del proyecto de la supervisión, con las respuestas se procedió a corregir las desviaciones antes de iniciar el montaje.

5.3. MONTAJE DE EQUIPOS PRINCIPALES

A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso empleado para el montaje de los diversos equipos que fueron parte del proyecto de planta de carbón.

DIAGRAMA DE FLUJO DE MONTAJE DE EQUIPOS



5.3.1. Montaje del Molino de Bolas



Fig. 5.1 Montaje de Molino de bolas

5.3.1.1. Planificación del Montaje

Para el montaje del molino se tuvieron las siguientes consideraciones.

5.3.1.2. Montaje del Molino

Los pasos para el montaje del molino son los que a continuación se indican:

- Verificar que el eje del motor este bien nivelado
- el acoplamiento del eje del motor eléctrico con el eje del piñón dentado deberá estar bien alineado
- la rueda o catalina dentada deberá estar bien centrada y concéntrica
- Los dientes de los engranajes de la transmisión del movimiento del molino deberán tener una tolerancia correcta de contacto
- los pernos, tuercas, chavetas y todo material que sujeta los engranajes dentados, deberá estar revisados

5.3.2. Montaje del Filtro de Mangas



Fig. 5.2 Montaje del Filtro de Mangas

5.3.2.1. Planificación del montaje

Para realizar el montaje del filtro de mangas se tuvieron las siguientes consideraciones

5.3.2.2. Montaje del filtro de Mangas

Los pasos para el montaje del filtro de mangas son los que a continuación se enuncian:

- Verificación topográfica de las estructuras soporte
- Colocación de los paneles de la parte inferior
- Alineamiento de los paneles colocados en el paso anterior
- Soldeo de los paneles de la parte inferior

- Colocación de los paneles de la parte superior
- Verticalización de los paneles de la parte superior
- Soldeo de los paneles de la parte superior
- Instalación de las planchas tube sheet
- Soldeo de las planchas tube sheet
- Instalación y soldeo de los soportes de las flautas
- Instalación de las flautas
- Instalación de las ventanas

5.3.3. Montaje del Ventilador de Tiro

5.3.3.1. Planificación del Montaje

Para el montaje del ventilador de tiro se tuvieron las siguientes consideraciones.

5.3.3.2. Montaje del ventilador

La secuencia de montaje del ventilador de tiro es la que a continuación se enuncia:

- Nivelación (laineado) de las bases
- Instalación de las chumaceras
- Alineamiento y nivelación de las chumaceras
- Colocación de la carcaza inferior del ventilador
- Colocación del rodete
- Alineamiento y nivelación del rodete
- Colocación de la carcaza superior del ventilador
- Tensionado de pernos de las carcazas superior e inferior
- Instalación del motor del ventilador

5.3.4. Montaje del Separador Estático

5.3.4.1. Planificación del Montaje

Para el montaje del Separador estático se tomaron las siguientes consideraciones.

5.3.5.1. Montaje del Separador Estático

- Colocación de la parte inferior
- Colocación de la parte intermedia
- Colocación de la parte superior
- Colocación de las paletas de desviación
- Empernado y tensionado de los pernos de las carcazas.

5.3.5. Montaje del Transportador de Cadena



Fig. 5.3 Montaje del transportador de cadena

5.3.5.1. Planificación del montaje

Para el Montaje del transportador de cadena se tomaron las siguientes consideraciones.

5.3.5.2. Montaje del Transportador de Cadenas

La secuencia de montaje del transportador de cadena es la que a continuación se enuncia:

- Verificación topográfica de las bases

- Nivelación de las bases
- Instalación del cabezal motriz y accionamiento
- Instalación de las cajas intermedias
- Instalación del cabezal tensor o de retorno
- Montaje de las cadenas
- Alineamiento y nivelación del transportador de cadena
- Colocación de las tapas del transportador
- Tensionado de los pernos de las tapas y cajas del transportador
- Montaje del motoreductor

5.4. CONTROL DE CALIDAD

5.4.1. Reporte de alineamiento de equipos

Todos los equipos rotativos fueron alineados, teniendo en consideración las tolerancias dadas por el fabricante en su manual. Una vez que estos trabajos se realizaron se generaron los protocolos respectivos; los cuales fueron validados por la supervisión.

5.4.2. Ensayos no destructivos

Estos ensayos fueron aplicados principalmente en el montaje del filtro de mangas y fueron pruebas de tintes penetrantes y radiografías a las uniones de los paneles del filtro, estas actividades fueron realizadas por un tercero contratado para esta actividad; la validación y aceptación de estos ensayos estuvo a cargo del supervisor de soldadura de la supervisión.

5.4.3. Pruebas en los equipos

Los equipos se probaron en vacío, para estas pruebas se tomaron en consideración las especificaciones técnicas de los proveedores, así como la información proporcionada por la supervisión.

5.5. SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO

Asegura el cumplimiento de los objetivos del proyecto mediante la supervisión y medición regular del avance, para identificar las variaciones con respecto al plan de gestión del proyecto y poder oportunamente las acciones correctivas.

El control incluye las acciones preventivas para anticiparse a posibles problemas.

Se realizó un control permanente del cronograma a fin de culminar el proyecto en el plazo previsto. Se actualizó el cronograma cuando existieron diferencias entre los avances mensuales previstos y los que se obtuvieron en campo.

Las variaciones detectadas que afectaron el programa, determinaron las acciones correctivas tomadas en el planeamiento, recursos y la ejecución.

Para ello el responsable del proyecto realiza los siguientes controles:

- Supervisar y controlar el trabajo del proyecto.
- Verificación del alcance del proyecto.
- Control del cronograma establecido.
- Control de los costos del proyecto.
- Control de calidad del proyecto.
- Seguimiento y control de riesgos del proyecto.
- Administración del contrato.

A continuación se desglosan y detallan los controles efectuados en el desarrollo del proyecto.

5.5.1 Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto.

El proceso de supervisar y controlar el trabajo del proyecto se realiza para fiscalizar los procesos del proyecto relacionados con el inicio, la planificación, la ejecución y el cierre. Se adoptan las acciones preventivas ó correctivas para controlar el rendimiento del proyecto.

La supervisión es un aspecto de la dirección de proyectos que se realiza a lo largo de todo el proyecto e incluye la toma, medición y difusión de la información sobre el rendimiento y la evaluación de las mediciones y tendencias para llevar a efecto las mejoras del proceso.

Esta supervisión continua le proporciona al equipo de dirección del proceso una idea del estado del proyecto e identifica cualquier área que necesite más atención. El proceso supervisar y controlar el trabajo del proyecto esta relacionado con:

- Comparar el rendimiento real del producto con el plan de gestión del proyecto.
- Evaluar si el rendimiento requiere de alguna acción correctiva ó preventiva y luego de ser necesario recomendar dichas acciones.
- Suministrar las proyecciones para actualizar la información del costo actual, el cronograma y la curva “S”.
- Supervisar la implementación de los cambios aprobados cuando y a medida que estos se produzcan.
- Analizar, efectuar el seguimiento y supervisar los riesgos de proyecto para asegurarse de que los riesgos se identifican, se informa su estado y se están ejecutando los planes adecuados de respuesta al riesgo.

5.5.2 Verificación del Alcance del Proyecto.

Es el proceso de obtener la aceptación formal de parte de los interesados del alcance del proyecto completado y los productos entregables relacionados. Incluye la

revisión de los productos entregables para asegurarse que cada uno de ellos se complete satisfactoriamente.

La verificación del alcance se diferencia del control de calidad en que el primero se relaciona principalmente con la aceptación de los productos entregables, mientras que el control de calidad se refiere con el cumplimiento de los requisitos de calidad especificados para los productos entregables.

5.5.3 Control del Cronograma Establecido.

Controlar el cronograma comprende: determinar el estado actual del cronograma del proyecto, influir sobre los factores que crean el cambio en el cronograma, verificar que se han ejecutado los cambios en el proyecto y gestionar los cambios a medida que sucedan.

5.5.4. Control de los Costos del Proyecto

El control de costos del proyecto busca las causas positivas y negativas, y forma parte del control integrado de cambios. El control de cambios es necesario porque los proyectos raramente se desarrollan exactamente acorde con el plan de gestión del proyecto.

El control de costos de proyecto incluye:

- Identificar los factores que producen los cambios en la línea base del costo.
- Asegurarse que los cambios solicitados sean acordados.
- Gestionar los cambios reales a medida que se produzcan.
- Asegurarse que los posibles sobre costos no excedan la financiación autorizada periódica y total del proyecto.
- Actuar para mantener los sobre costos esperados dentro de los límites aceptables.

5.5.5 Control de Calidad del Proyecto

Realizar el control de calidad del proyecto es supervisar los resultados específicos del proyecto, para determinar si cumplen con las normas de calidad relevantes é identificar los modos de eliminar las causa de resultados insatisfactorios. Esto deberá ser realizado durante todo el proyecto.

Las normas de calidad incluyen los objetivos de los procesos y productos del proyecto. Los resultados del proyecto incluyen los productos entregables y los resultados de la dirección de proyecto, tales como los rendimientos del costo y del cronograma.

5.5.6 Seguimiento y Control de Riesgos del Proyecto

Es el proceso de identificar, analizar y planificar nuevos riesgos, realizar el seguimiento de los riesgos identificados y los que se encuentran en la lista de supervisión, volver a analizar los riesgos existentes, realizar el seguimiento de los planes de contingencia y revisar la ejecución de las respuestas a los riesgos mientras se evalúa su efectividad.

El proceso de seguimiento y control de riesgos es continuo y se realiza durante todo el desarrollo del proyecto.

5.5.7 Administración del Contrato

Comprende el análisis de los documentos contractuales a fin de resolver las diferencias, que pudieran presentarse, en beneficio del proyecto.

5.6. CRITERIOS DE SEGURIDAD APLICADOS AL PROYECTO

5.6.1 Análisis de riesgo ocupacional

Se procedió a la identificación de los diferentes procesos necesarios para la ejecución del proyecto. De cada uno de los procesos establecidos se ha identificado preliminarmente los peligros y aspectos ambientales asociados. Posteriormente se ha procedido a evaluar los riesgos e impactos ambientales asociados. Esto nos permitirá tomar acción en los riesgos significativos y poder controlarlos.

Los riesgos laborales e impactos ambientales identificados preliminarmente para este proyecto han sido evaluados y se muestran en el siguiente cuadro.

Cc:

ANÁLISIS DE RIESGO DE LOS TRABAJOS DE MONTAJE DE LA PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON

Departamento :Inventariado por: J. VillarPlanta /Sección:

1.1.1. Hoja de trabajo

ANÁLISIS DE TAREA

Revisado por: L. LévanoActividad/ Ocupación:

2. ANÁLISIS DE RIESGOS

Vo. Bo. Seguridad :

1. Ubicación de área de Fabricación.
2. Fabricación de estructuras metálicas.
3. Montaje de equipos.
4. Montaje de estructuras metálicas.
5. Eliminación de Materiales.

P.S.T.

Revisión 01

Fecha:**Trabajos a ser realizados por la Empresa**

No.	TAREAS O ACTIVIDADES	EXPOSICIONES A PERDIDAS	CONTROLES RECOMENDADOS
	HAGA UNA LISTA DE TODAS LAS TAREAS O ACTIVIDADES NORMALMENTE REALIZADAS O QUE PODRIAN SER REALIZADAS POR UNA PERSONA EN ESTA OCUPACION.	<i>CONSIDERE PROBLEMAS DE SEGURIDAD, SALUD, DAÑO INCENDIO, CALIDAD, PRODUCCION ETC. CONSIDERE A LA GENTE EQUIPO, MATERIAL, MEDIO AMBIENTE Y SUS INTERACCIONES</i>	
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Charla de Seguridad: Política y Filosofía empresarial 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El personal al no conocer nuestra Política de Seguridad, puede cometer imprudencias temerarias y ocasionar accidentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obligatoriamente el personal asignado al proyecto Molienda de Carbón de la Asociación EMCOSA - COMESA, así como los operadores de grúas, montacargas y otros equipos de CASA, pasarán por un programa de inducción en Seguridad antes de iniciar los trabajos.

2	<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento de las áreas de Fabricación y Montaje. 	<p>Accidentes personales. Demoras en la ejecución. del proyecto</p>	<p>Tomar nota de los riesgos que implica la labor en el área. Obtener planos de líneas de electricidad, agua o desagüe, si fuera el caso y otros imponderables. Coordinar con mantenimiento eléctrico para ubicar la toma eléctrica.</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> Preparar el A.T.S. a inicio de guardia. 	<ul style="list-style-type: none"> Accidentes personales. 	<ul style="list-style-type: none"> El supervisor obligatoriamente debe preparar el A.T.S. a inicio de la jornada de trabajo, debiendo hacer firmar a los trabajadores en la charla de 5 minutos.
4	<ul style="list-style-type: none"> Uso completo de equipos de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> Exposición a accidentes personales. 	<ul style="list-style-type: none"> Antes del inicio de los trabajos verificar el uso y condiciones de los equipos de seguridad Obligar y verificar el uso correcto de equipos de protección personal de acuerdo al reglamento interno de la Cementera.
5	<ul style="list-style-type: none"> Adecuación de ambientes para oficina y almacén. 	<ul style="list-style-type: none"> Accidentes personales Daños materiales Daños a equipos 	<ul style="list-style-type: none"> Antes de iniciar la adecuación de la oficina y del almacén, coordinar con el administrador del proyecto.
6	<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento del personal hasta el área de fabricación y montaje. 	<ul style="list-style-type: none"> Caídas. Golpes, Luxaciones Atropellos. 	<ul style="list-style-type: none"> Por ningún motivo podrá desplazarse por lugares alejados a las áreas de fabricación y montaje. Evitar el ingreso del personal a áreas no autorizadas.
7	<p>Delimitar con cinta amarilla el área el que se desarrollará el trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Personal extraño podrían ingresar al área y sufrir accidentes al no conocer los trabajos a realizar. 	<ul style="list-style-type: none"> Obligatoriamente y en cumplimiento a las normas de seguridad, el área en el que se desarrollará el trabajo debe ser delimitada con cinta amarilla. Considerar evacuaciones repentinas, así como definir rutas de escape al considerarse algunas eventualidades.
8	<ul style="list-style-type: none"> Colocar avisos de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> La falta de señalización puede causar accidentes por la presencia de personas extrañas. 	<ul style="list-style-type: none"> Los avisos de seguridad advierten a las personas de los trabajos que se están realizando.

9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicar e inspeccionar equipos y herramientas. ▪ Separar las defectuosas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Golpes. ▪ Daño a equipos. ▪ Pérdida de materiales y demoras. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los equipos y herramientas deben estar correctamente ubicados en lugares que no interfieran los desplazamientos ni las maniobras del personal de Operaciones.
10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicación de materiales- residuos industriales. (cartón, madera, Wipe, trapo, latas, electrodos, planchas, fierros, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Multas por incumplimiento a la ley general de Residuos Sólidos. ▪ Contaminación ambiental. ▪ Incidentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los residuos industriales deberán ser almacenados de acuerdo a las disposiciones emanadas por el área de Gestión Ambiental de CASA.
11	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traslado de residuos industriales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incidentes. ▪ Golpes. ▪ Lumbalgias 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los residuos industriales deben ser dispuestos por el personal de la Asociación en los lugares establecidos. ▪ Las planchas y ángulos metálicos, serán almacenadas en una zona establecida para los mismos.
12	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de equipos de oxicorte. ▪ Uso de escaleras. ▪ Uso de arnés de seguridad. • Tendido de línea de vida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Electrocuciiones. • Quemaduras. • Caídas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usar arnés de seguridad con doble cuerda de vida al trabajar en altura. Si no hay punto fijo de aseguramiento instalar línea de vida. • Usar arnés de seguridad con doble cuerda de vida al trabajar en altura. • Elaborar el permiso de trabajo con llama abierta, para los trabajos de soldadura. • El soldador / cortador debe tener su extintor de seguridad. • Por ningún motivo pueden trabajar grupos diferentes en un mismo nivel. • Las escaleras deben estar en buen estado y amarradas a estructuras fijas.
13	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar andamios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Golpes • Caídas • Fracturas • Esguinces 	<ul style="list-style-type: none"> • Los andamios y / o plataformas deben estar debidamente estabilizados y asegurados a puntos fijos.
15	<ul style="list-style-type: none"> • Montaje de equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caídas ▪ Golpes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evitar que personas extrañas transiten por el área de trabajo.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de caretas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Luxaciones ▪ Fracturas. ▪ Conjuntivitis. ▪ Esguinces ▪ Cortes ▪ Contusiones 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los equipos deberán estar ubicadas en un lugar adecuado alejado de la zona de fabricación para evitar accidentes. ▪ Considerar los posibles desniveles que se pueden presentar en el piso, durante el montaje.
16	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montaje de estructuras. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caídas. ▪ Golpes ▪ Luxaciones ▪ Fracturas ▪ Conjuntivitis. ▪ Cortes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cumplir lo indicado anteriormente. ▪ Evitar que personas extrañas transiten por el área de trabajo.
17	<p>Nombrar Maniobrista. Uso de Grúa de Gestión de equipos.</p>	<p>Atropellos. Daños materiales. Demoras innecesarias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La comunicación entre el maniobrista y el operador del equipo a utilizar, debe ser fluida, debiendo colocarse en un lugar visible para que la señal sea entendida. ▪ Obligatoriamente el maniobrista deberá tener chaleco reflectivo.
18	Ubicación de la grúa en la zona de trabajo.	<p>Accidentes personales. Accidentes de tránsito y daños materiales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La grúa debe ser guiada y ubicada en el lugar adecuado y a una distancia prudencial del equipo o estructura a montar. ▪ Antes de iniciar el trabajo verificar el radio de giro de la grúa para evitar impactos con las estructuras aledañas.
19	Estabilización de la grúa.	<p>Exposición a accidentes y demoras. Daños materiales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La grúa debe estar bien estabilizada y en terreno firme para poder moverse previa inspección de los cables aéreos.
20	Delimitar el área de movimiento de la grúa con conos y cinta amarilla.	<p>La falta de señalización puede causar accidentes por la presencia de personas extrañas. La falta de trazos del área de trabajo puede generar problemas en el equipo por contacto con material extremadamente resistente (Perfiles de acero entre otros..)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obligatoriamente y en cumplimiento a las normas de seguridad, el área en el que se desarrollará el trabajo debe ser encerrada con cinta amarilla, debiendo además de colocar conos de seguridad y los trazos respectivos para su desmantelamiento si fuera necesario.
21	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar el buen estado de las grúas, estrobos, grilletes, etc. 	<p>Golpes. Fracturas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Las grúas deben ser operadas por el personal autorizado.

		Daños materiales.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los cables, estrobos y grilletes, deben estar en buen estado y ser inspeccionados.
22	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movimiento de la grúa para continuar los trabajos de montaje de equipos y estructuras metálicas. 	<p>Atropellos Accidentes personales Daños materiales</p>	<p>Para mover la grúa hacia adelante o atrás y continuar su labor, el operador y el maniobrista deben verificar el terreno y cambiar las señales de seguridad.</p> <p>Por ningún motivo se debe permitir el ingreso de personas ajenas al proyecto.</p> <p>Solamente se permitirá el ingreso de personas dentro del área de trabajo solamente cuando el equipo se encuentre parado y la zona de trabajo segura.</p>
26	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orden y limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accidentes personales. ▪ Caídas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantener en todo momento el área limpia y ordenada. ▪ Verificar el inventario de herramientas.
27	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar el estado de conservación de los equipos y maquinarias. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Daños a los equipos. ▪ Perdidas materiales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La buena conservación de los equipos y herramientas permiten un trabajo seguro y evitan su deterioro.
28	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orden y limpieza de la zona de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La falta de aseo perjudica la salud. ▪ Accidentes personales <p>Golpes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Daños materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Al finalizar la jornada ordenar y limpiar su respectiva zona de trabajo.

5.6.2. Análisis Seguro de Trabajo

El objetivo de esta actividad es identificar de manera sistemática los peligros asociados con la ejecución de una tarea y establecer los mecanismos de control requeridos para minimizar las posibilidades de pérdidas

El análisis seguro de trabajo es una herramienta en la que se analiza paso a paso la actividad a realizar y se identifican como se indico líneas arriba los peligros potenciales de estas actividades, generando los mecanismos de control y prevención asociados a los mismos.

Esta actividad se realiza antes de iniciar las labores y la participación del jefe de grupo y sus trabajadores es obligatoria.

5.6.3. Charlas de Seguridad

Estas reuniones fueron impartidas diariamente antes del inicio de la jornada de trabajo por el capataz ó el responsable de cada grupo de trabajo, en esta reunión se tocan temas de seguridad relacionados con las actividades del día, los equipos de seguridad requeridos así como cualquier información adicional sobre seguridad.

En estas reuniones también se verificaron los EPP así como las herramientas a utilizarse en los trabajos.

5.6.4. Equipos de Seguridad Utilizados

Para la selección de los equipos de protección personal, se tuvo en cuenta las actividades a realizar tanto en la fabricación como en el montaje; las especificaciones del cliente en cuanto a la calidad de los implementos y el tiempo de reposición de los mismos.

A continuación se indican los equipos de protección personal, que se utilizaron en la ejecución de la obra:

- Casco protectores
- Lentes de seguridad anti- empañantes

- Respiradores contra polvo.
- Barbiquejos para sujeción de cascos.
- Protectores auditivos.
- Uniformes de trabajo.
- Guantes de cuero cromo.
- Guantes de jebe para vaciado de grout.
- Arnese con doble línea de vida y absorbedor anti impacto, para trabajos en altura.
- Mascaras para esmerilar.
- Careta de soldador.
- Uniforme de cuero para soldadores (mandiles de cuero, casaca, mangas y escaarpines).
- Chalecos reflectivos.
- Zapatos de seguridad con punta de acero.

CAPITULO VI

ESTRUCTURA DE COSTOS

La Gestión de Costos del Proyecto incluye los procesos involucrados en la planificación, estimación, preparación del presupuesto y control de costos, de forma tal que el proyecto se pueda completar dentro del presupuesto aprobado.

La Estimación del Costo desarrolla una aproximación del costo de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto.

Asegura el cumplimiento de los objetivos del proyecto mediante la supervisión y medición regular del avance, para identificar las variaciones con respecto al plan de gestión del proyecto y poder oportunamente las acciones correctivas.

A continuación se muestra el cuadro del presupuesto del proyecto.

PRESUPUESTO RESUMEN

100 RECUPERACIÓN DE EQUIPOS EXISTENTES SIN USO Y DESARMADOS Y MONTAJE MECÁNICO

ITEM No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad Piezas	Peso Equipo (kg)	Peso Montaje (kg)	Recuperac. Global US\$	Unit. Mont. US\$/Kg	Tot. Recup.	Total Mont. US\$	TOTAL GEN. US\$
100,00	RECUPERACIÓN DE EQUIPOS EXISTENTES	2	2.400	2.400	1.000,00	0,44	1.000,00	1.056,00	2.056,00
100,01	Filtro despolvorientador de cadena de recirculación	1	1.200	1.200	500,00	0,44	500,00	528,00	1.028,00
100,02	Filtro despolvorientador de bombas de transporte neumático	1	1.200	1.200	500,00	0,44	500,00	528,00	1.028,00
TOTAL RECUPERACION DE EQUIPOS EXISTENTES Y MONTAJE MECÁNICO			2.400	2.400	1.000,00	0,44	1.000,00	1.056,00	2.056,00

300B FABRICACION SIN SUMNISTRO DE MATERIALES POR EL CLIENTE Y MONTAJE MECANICO DE FABRICACIONES Y EQUIPOS

ITEM No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad Piezas	Peso Equipo (kg)	Peso Montaje (kg)	Recuperac. Global US\$	Unit. Mont. US\$/Kg	Tot. Recup.	Total Mont. US\$	TOTAL GEN. US\$
304,00	ALMACENAMIENTO, DOSIFICACION Y TRANSPORTE A TRITURADORA		46.255	59.525	1,50	0,33	69.187,95	19.421,00	88.609,85
304,01	Tolvas de Almacenamiento de Carbón	2	37.950	37.950	1,38	0,29	52.371,00	11.005,50	63.376,50
304,02	Forro de acero inoxidable en zona inferior inferior de tolvas	2	450	450	3,63	0,66	1.633,50	297,00	1.930,50
304,03	Sistemas de pesaje	2		170		1,58		268,60	268,60
304,04	Compuertas de agujas	2	1.380	1.380	1,96	0,66	2.704,80	910,80	3.615,60
304,05	Juntas de expansión	2	345	345	4,09	0,66	1.411,05	227,70	1.638,75
304,06	Balanzas dosificadoras de carbón	2		3.000		0,47		1.410,00	1.410,00
304,07	Transportador de cadena	1		10.100		0,29		2.929,00	2.929,00
304,08	Chute de descarga del transportador de cadena hacia trituradora	1	650	650	1,58	0,55	1.027,00	357,50	1.384,50
304,09	Compuerta de doble placa pendular de alimentación a Trituradora	1	650	650	2,79	0,55	1.813,50	357,50	2.171,00
304,10	Plataformas de mantenimiento diversas y escaleras de acceso	--	3.220	3.220	1,58	0,33	5.087,60	1.062,60	6.150,20
304,11	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y pasos de escaleras	--	1.610	1.610	1,95	0,37	3.139,50	595,70	3.735,20
305,00	MOLIENDA Y SEPARACION		62.306	279.145	1,88	0,22	117.325,40	62.169,92	179.495,32
305,01	Trituradora Tandem	1	12.900	22.500	2,14	0,29	27.392,00	6.525,00	33.917,00
305,02	Ducto de ascenso a separador	1	2.520	2.520	1,35	0,91	3.402,00	2.293,20	5.695,20
305,03	Molino de Bolas Allis-Chalmers 12' x 18'	1		91.027		0,23		20.936,21	20.936,21
305,04	Sistema de accionamiento del molino	1		6.500		0,26		1.690,00	1.690,00
305,05	Sistema de engrase del piñón y catalina del molino	1	20	110	2,14	1,52	42,80	167,20	210,00
305,06	Sistema de lubricación de las chumaceras	2	50	1.050	1,86	1,00	93,00	1.050,00	1.143,00
305,07	Espiral de alimentación del molino	1	1.680	1.680	1,52	0,26	2.553,60	436,80	2.990,40
305,08	Espiral de descarga del molino a trituradora	1	1.100	1.100	1,52	0,26	1.672,00	286,00	1.958,00
305,09	Blindajes de pared de entrada del molino	1		6.439		0,16		1.030,22	1.030,22
305,10	Blindajes clasificadores del tubo del molino	1		27.036		0,16		4.325,73	4.325,73
305,11	Diagrama de salida	1		7.867		0,16		1.258,72	1.258,72
305,12	Carga de Bolas (6mm/12, 50/7, 40/9, 30/12, 25/13, 20/14)	1		60.000		0,05		3.000,00	3.000,00
305,13	Separador estático	1	27.025	27.500	1,92	0,38	51.888,00	10.450,00	62.338,00
305,14	Compuerta pendular en salida de gruesos del separador	1	750	750	2,74	0,52	2.055,00	390,00	2.445,00
305,15	Chute descarga separador hacia transportador de cadena de recirculación	1	450	450	1,58	0,52	711,00	234,00	945,00
305,16	Transportador de cadena de recirculación	1		7.200		0,29		2.088,00	2.088,00
305,17	Chute descarga de transportador de cadena hacia molino de bolas	1	780	780	1,58	0,52	1.232,40	405,60	1.638,00
305,18	Compuerta de doble placa pendular de alimentación al Molino	1	850	850	2,79	0,52	2.371,50	442,00	2.813,50
305,19	Chute de descarga del molino	1	4.650	4.650	1,58	0,38	7.347,00	1.787,00	9.134,00
305,20	Oído electrónico	1	30	37	1,77	1,52	53,10	56,24	109,34
305,21	Plataformas de mantenimiento diversas y escaleras de acceso	--	6.400	6.400	1,58	0,33	10.112,00	2.112,00	12.224,00
305,22	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y pasos de escaleras	--	3.200	3.200	2,00	0,38	6.400,00	1.216,00	7.616,00

306,00	FILTRO DE MANGAS DE PROCESO Y FILTROS DE MANGAS DE DESEMPOLVADO		268.437,60	312.082,40	1,27	0,37	339.776,50	116.128,65	454.905,15
306,01	Ducto de salida del Separador hacia Filtro de Mangas	1	5.400	5.400	1,36	0,91	7.344,00	4.914,00	12.258,00
306,02	Válvula de explosión sobre separador	1		720		1,04		748,80	748,80
306,03	Válvula de explosión en derivación antes del filtro de mangas	1		2.275		0,42		955,50	955,50
306,04	Filtros de mangas de proceso	1	180.000	211.000	1,16	0,24	208.800,00	50.640,00	259.440,00
306,05	Ductos del Filtro al ventilador y de ventilador a chimenea	2	19.800	19.800	1,40	0,91	27.720,00	18.018,00	45.738,00
306,06	Ducto de la compuerta de explosión al filtro	1	5.200	5.200	1,40	0,91	7.280,00	4.732,00	12.012,00
306,07	Válvula de regulación del flujo de gases al ventilador	1	1.200	1.720	1,92	0,50	2.304,00	860,00	3.164,00
306,08	Ventilador (rotor y chumaceras es suministro de Cemento Andino)	1	14.500	17.700	1,49	0,32	21.605,00	5.664,00	27.269,00
306,09	Tube steels de plancha de acero naval de 3/16" x 6' x 20'	12	2.800	2.800	2,59	0,74	7.252,00	2.072,00	9.324,00
306,10	Elementos de rigidización de los tube steels	-	11.200	11.200	1,51	1,04	16.912,00	11.648,00	28.560,00
306,11	Chimenea	1	17.500	17.500	1,30	0,40	22.750,00	7.000,00	29.750,00
306,12	Transportadores helicoidales bajo tolvas del filtro	2	3.200	4.180	1,58	0,42	5.056,00	1.755,60	6.811,60
306,13	Válvulas rotativas hacia transportador helicoidal reversible	2		1.300		0,60		780,00	780,00
306,14	Chutes desde válvulas rotativas a transportador helicoidal reversible	2	300	300	1,53	0,60	459,00	180,00	639,00
306,15	Transportador helicoidal reversible a bombas de transporte neumático	1		950		0,60		570,00	570,00
306,16	Compuertas de quillón	2		300		0,60		180,00	180,00
306,17	Filtros Jet-Pulse de desempolvado	2		2.400		0,42		1.008,00	1.008,00
306,18	Ductos de desempolvado	-	800	800	1,40	0,91	1.120,00	728,00	1.848,00
306,19	Chute descarga Jet-Pulse	2	500	500	1,58	0,60	790,00	300,00	1.090,00
306,20	Plataformas de mantenimiento directas y escaleras de acceso	-	4.025	4.025	1,58	0,38	6.359,50	1.529,50	7.889,00
306,21	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y pasos de escaleras	-	2.013	2.013	2,00	0,42	4.025,00	845,25	4.870,25
307,00	SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO FINAL A SILOS		13.900	29.820	1,51	0,44	21.019,00	12.977,60	33.996,60
307,01	Compuertas de transporte neumático	2		4.920		0,29		1.426,80	1.426,80
307,02	Lineas de aire comprimido	2	3.600	3.600	1,77	0,56	6.372,00	2.016,00	8.388,00
307,03	Enfriadores de aire	2	200	1.200	1,71	0,56	342,00	672,00	1.014,00
307,04	Bombas de transporte neumático	2		9.140		0,26		2.376,40	2.376,40
307,05	Válvulas de dos vías	2	300	960	1,95	1,04	585,00	998,40	1.583,40
307,06	Tubería de transporte neumático	1	9.800	9.800	1,40	0,56	13.720,00	5.488,00	19.208,00
308,00	DUCTOS DE GASES CALIENTES		117.113	122.974	1,35	0,43	158.633,26	52.494,48	211.127,74
308,01	Compuertas de quillón de toma de gases de los Hornos 3 y 2 y de aislamiento	3	9.000	13.260	2,42	0,33	21.780,00	4.375,80	26.155,80
308,02	Ductos de gases calientes desde los Hornos 2 y 3 hasta el ciclón despolvador	2	44.390	44.390	1,21	0,42	53.712,38	18.643,97	72.356,35
308,03	Ciclón despolvador	1	9.500	9.500	1,30	0,42	12.350,00	3.990,00	16.340,00
308,04	Válvula rotativa a la descarga del ciclón	1		4.50		0,84		378,00	378,00
308,05	Chute con compuerta direccional de dos posiciones a la descarga del ciclón	1	580	580	1,40	0,51	812,00	295,80	1.107,80
308,06	Chutes de descarga del ciclón	2	460	460	1,40	0,51	644,00	234,60	878,60
308,07	Ductos de gases calientes desde el ciclón despolvador hasta la trituradora	1	18.630	18.630	1,21	0,51	22.542,30	9.501,30	32.043,60
308,08	Válvula mariposa ϕ 1.400 mm. regulación de flujo principal	1	480	561	2,14	0,51	1.027,20	286,11	1.313,31
308,09	Ducto de gases calientes a ingreso molino	1	2.622	2.622	1,21	0,51	3.172,62	1.337,22	4.509,84
308,10	Válvula mariposa ϕ 600 mm. regulación gases calientes a ingreso molino	1	160	200	2,14	0,84	342,40	168,00	510,40
308,11	Ducto de gases "fríos" a ingreso molino	1	1.656	1.656	1,21	0,51	2.003,76	844,56	2.848,32
308,12	Válvula mariposa ϕ 1.000 mm. regulación gases "fríos" a ingreso molino	1	250	295	2,14	0,84	535,00	247,80	782,80
308,13	Ducto de gases "fríos" a ingreso trituradora	1	13.110	13.110	1,21	0,42	15.863,10	5.508,20	21.369,30
308,14	Válvula mariposa ϕ 1.000 mm. regulación gases "fríos" a ingreso trituradora	1	250	295	2,14	0,84	535,00	247,80	782,80
308,15	Ducto de gases "fríos" a salida molino	1	1.242	1.242	1,21	0,51	1.502,82	633,42	2.136,24
308,16	Válvula mariposa ϕ 500 mm. regulación gases "fríos" a salida molino	1	120	160	2,14	0,84	256,80	134,40	391,20
308,17	Plataformas de mantenimiento y escaleras de acceso	-	9.775	9.775	1,30	0,37	12.707,50	3.616,75	16.324,25
308,18	Parrillas galvanizadas para plataformas de mantenimiento y pasos de escaleras	-	4.887,5	4.888	1,81	0,42	8.846,38	2.052,75	10.899,13
309,00	SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION		7.680	7.680	1,79	1,55	13.783,00	11.868,40	25.651,40
309,01	Lineas de agua de refrigeración de alimentación	-	2.400	2.400	1,81	1,58	4.344,00	3.792,00	8.136,00
309,02	Lineas de agua de refrigeración de retorno con soportería	-	3.600	3.600	1,81	1,58	6.516,00	5.688,00	12.204,00
309,03	Tanque colector de retornos	1	380	380	1,50	0,88	570,00	334,40	904,40
309,04	Linea de agua de retorno general con soportería	1	1.300	1.300	1,81	1,58	2.353,00	2.054,00	4.407,00

310,00	SISTEMA DE INERTIZACION CON CO ²		280	12.160	1,21	0,49	336,80	6.004,40	6.343,20
310,01	Tanque de 10 TM de CO ² con sistema de pesaje, tuberías de interconexión y tablero de control	f		11.000		0,37		4.070,00	4.070,00
310,02	Estación de válvulas	f		500		0,84		420,00	420,00
310,03	Líneas de distribución de CO ² (tuberías de cobre)	—		300		3,16		948,00	948,00
310,04	Sistema de agua para enfriamiento del tanque de CO ²	f		80		3,16		252,80	252,80
310,05	Soportería diversa para líneas de distribución	—	280	280	1,21	1,12	336,80	313,60	652,40
311,00	SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO		3.730	3.930	2,06	1,03	7.689,80	4.026,70	11.716,50
311,01	Toma de aire comprimido desde compresoras Atlas Copco GA-1207 existentes y operando	f	1.800	1.800	1,81	1,04	3.256,00	1.872,00	5.130,00
311,02	Tanque de aire comprimido de instrumentación	f	750	850	2,52	0,79	1.890,00	671,50	2.561,50
311,03	Tanque de aire comprimido de servicio	f	580	680	2,51	0,79	1.455,80	537,20	1.893,00
311,04	Líneas distribución aire comprimido a los molinos	—	300	300	1,81	1,58	543,00	474,00	1.017,00
311,05	Líneas para control de válvulas del filtro principal	—	300	300	1,81	1,58	543,00	474,00	1.017,00
312,00	OTRAS ESTRUCTURAS		20.800	22.200	1,78	0,36	37.087,00	8.424,00	46.511,00
312,01	Monorriel de mantenimiento del molino y auxiliares	f	10.300	10.300	1,99	0,37	20.497,00	3.811,00	24.308,00
312,02	Polipasto para mantenimiento del molino y sistema de alimentación eléctrica	f+		1.400		0,52		728,00	728,00
312,03	Otros monorrieles para mantenimiento	f	10.500	10.500	1,58	0,37	16.590,00	3.885,00	20.475,00
313,00	MOTORES GRANDES, CELDAS, TABLEROS, TRAFOS, BANCO DE BATERIAS Y ARRANCADOR		1.800	44.200	1,40	0,42	2.520,00	18.716,00	21.236,00
313,01	Celda de Media Tensión para Trato de Distribución	f		1100		1,02		1.122,00	1.122,00
313,02	Celda de Media Tensión para Molino	f		1100		1,02		1.122,00	1.122,00
313,03	Celda de Media Tensión para Ventilador	f		1100		1,02		1.122,00	1.122,00
313,04	Trafo de Distribución	f		4000		0,33		1.320,00	1.320,00
313,05	Trafo de Ventilador	f		3600		0,33		1.188,00	1.188,00
313,06	Trafo de Alumbrado y Tomacorrientes	f		200		2,33		466,00	466,00
313,07	Tablero Centro de Control de Motores (10 cuerpos aprox)	f		6000		0,09		540,00	540,00
313,08	Tablero Compensación de Energía Reactiva	f		700		0,56		392,00	392,00
313,09	Tablero de Penitencia Distribuida (4 cuerpos)	f		2000		0,33		660,00	660,00
313,10	Tablero de PLC	f		400		1,12		448,00	448,00
313,11	Tablero Analizador de Gases	f		300		1,30		390,00	390,00
313,12	Tablero de Variador de Velocidad	f		2200		0,23		506,00	506,00
313,13	Motor de Molino	f		9800		0,33		3.234,00	3.234,00
313,14	Motor de Ventilador	f		4500		0,33		1.485,00	1.485,00
313,15	Arrancador de Motor de Molino	f		900		0,60		540,00	540,00
313,16	Arrancador de Motor de Ventilador (En caso se opte)	f		900		0,60		540,00	540,00
313,17	Motor de Trituradora de Marfillos 8204MED1	f		3100		0,47		1.457,00	1.457,00
313,18	Arrancador de Motor de Trituradora de Marfillos	f		900		1,02		510,00	510,00
313,19	Bases y soportes diversos	—	1.800	1.800	1,40	0,93	2.520,00	1.874,00	4.194,00
TOTAL FABRICACIONES SIN SUMINISTRO DE MATERIALES POR EL CLIENTE Y MONTAJE			642.300	893.117	1,42	0,36	767.360,71	311.224,06	1.078.584,76

400 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO

ITEM No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad Pizarras	Suministro m ²	Area a Cubrir m ²	Unid. Sum. (US\$/m ²)	Unid. Mont (US\$/m ²)	Total Sum. US\$	Total Mont. US\$	TOTAL GEN. US\$
401,00	AISLAMIENTO TÉRMICO (incluye elementos desmontables en etapas de inspección)		2.640	2.640	19,38	13,02	49.234,20	33.070,80	82.305,00
401,01	Ductos de Gases calientes con colchoneta de 4" y densidad de 80 kg/m ³	—	1.150	1.150	19,53	13,02	22.459,50	14.973,00	37.432,50
401,02	Ductos de Gases de recirculación con colchoneta de 2" y densidad de 80 kg/m ³	—	80	80	14,88	13,02	1.190,40	1.041,60	2.232,00
401,03	Ciclón despolvorientador con colchoneta de 4" y densidad de 80 kg/m ³	—	140	140	19,53	13,02	2.734,20	1.822,80	4.557,00
401,04	Filtro de Mangas Principal con colchoneta de 4" y densidad de 80 kg/m ³	—	1.050	1.050	19,53	13,02	20.506,50	13.671,00	34.177,50
401,05	Separador estático	—	80	80	19,53	13,02	1.662,40	1.041,60	2.604,00
401,06	Ducto de ascenso de gases al separador estático	—	40	40	19,53	13,02	781,20	520,80	1.302,00
TOTAL SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO			2.640	2.640	19,38	13,02	49.234,20	33.070,80	82.305,00

CUADRO RESUMEN DE PESOS Y PRECIOS

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	Peso Montaje (kg)	Unid. Fab/Sum. (US\$/kg)	Unid. Mont (US\$/kg)	Total Fab/Sumo Recus (US\$)	Total Mont. US\$	TOTAL GEN. US\$
100,00	RECUPERACIÓN DE EQUIPOS EXISTENTES	2.400		0,44	1.000,00	1.056,00	2.056,00
304,00	ALMACENAMIENTO, DOSIFICACION Y TRANSPORTE A TRITURADORA	46.265	59,525	1,50	69.187,95	19.421,90	88.609,85
305,00	MOLIENDA Y SEPARACION	82.305	279,646	1,88	117.325,40	62.159,92	179.485,32
306,00	FILTRO DE MANGAS DE PROCESO Y FILTROS DE MANGAS DE DESEMPOLVA	288.438	312,083	1,27	339.776,50	115.128,65	454.905,15
307,00	SISTEMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTO FINAL A SILOS	13.900	29,820	1,51	21.019,00	12.977,60	33.996,60
308,00	DUCTOS DE GASES CALIENTES	117.113	122,074	1,35	158.633,26	52.494,48	211.127,74
308,00	SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION	7.680	7,680	1,79	13.783,00	11.668,40	25.451,40
310,00	SISTEMA DE INERTIZACION CON CO ²	280	12,160	1,21	336,80	6.004,40	6.343,20
311,00	SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	3.730	3,930	2,06	7.689,80	4.026,70	11.716,50
312,00	OTRAS ESTRUCTURAS	20.800	22,200	1,78	37.087,00	8.424,00	45.511,00
313,00	MOTORES GRANDES, CELDAS, TABLEROS, TRAFOS, BANCO DE BATERIAS Y	1.800	44,200	1,40	2.520,00	18.716,00	21.236,00
401,00	AISLAMIENTO TÉRMICO (incluye elementos desmontables en etapas de inspección)	45.720	45,720	1,08	49.234,20	33.070,80	82.305,00
TOTAL GENERAL COSTO DIRECTO							1.162.945,76
GASTOS GENERALES							12,50% 145.368,22
UTILIDAD							7,00% 81.406,20
MONTO TOTAL							1.389.720,18

NOTAS: (1) Si bien el costo del aislamiento térmico es por unidad de área (m²), para los cálculos de peso se ha considerado

6.1.1 Costos Directos

6.1.1.1. Costo de la Hora Hombre.

Se tiene en cuenta los jornales de acuerdo a ley, los costos de transporte, vivienda, alimentación, agua, leyes sociales, implementos de seguridad, AFP y todo concepto que aplique al personal de Mano de Obra Directa. El costo de la hora se calcula para cada una de las categorías del personal directo. En base a que cada proyecto es único, el Costo de la Hora Hombre se calcula para las distintas combinaciones de necesidades de cada Proyecto.

6.1.1.2 Costo de herramientas y equipos.

Se estiman por día u hora, para los equipos que lo requieran se incluye el costo de consumo de combustible. El costo de herramientas y equipos varía muy poco en el corto tiempo.

6.1.1.3 Costo de Equipos de Terceros

Para los trabajos de montaje se consiguió cotizaciones de un Camión Grúa de 12 ton, la tarifa incluía operador pero no combustible el cual fue considerado como un recurso a suministrar en el subcontrato de alquiler, el alquiler es por 200 HM mínimas al mes, se considera los costos correspondientes a la movilización y desmovilización.

6.1.1.4 Costo de materiales consumibles.

La empresa hizo alianza con uno de los principales proveedores de gases, electrodos de soldaduras y discos especiales, no es el caso de los consumibles menores, escobillas, trapo industrial, solventes, brochas, etc. El costo de los materiales consumibles varía muy poco en el corto tiempo y tiene considerado el costo por transporte.

6.1.1.5 Costo de materiales permanentes.

Parte del alcance correspondió al suministro de tuberías y accesorios menores de 3" en acero al carbono e inoxidable, suministro de los soportes para todas las tuberías del Proyecto, suministro de pernos químicos, suministro de acero de construcción, para muchos de los casos se efectuaron cotizaciones con tres proveedores. Para cada Proyecto estos costos difieren y tiene considerado el costo por transporte.

6.1.1.6 Costo de subcontratos.

Se subcontrato el servicio de instalación de aislamiento a tuberías y la toma de gammagrafías.

6.1.2 Costos Indirectos**6.1.2.1 Costos del Personal Indirecto.**

Incluye sueldos, todos los beneficios de ley, alimentación, vivienda, transporte, implementos de seguridad, entre otros.

6.1.2.2. Costos de Movilización-Desmovilización.

Incluye los costos de transporte a Obra de las instalaciones temporales, equipos de construcción, grúas, vehículos, camión de limpieza en obra, cisterna para regadío de vías, grupos electrógenos, contenedores para oficinas de campo entre otros.

6.1.2.3 Costos de equipos de topografía.

Los costos de estos equipos están considerados como costo indirecto.

6.1.2.4 Costos de comunicaciones y sistemas de cómputo.

Comprende los costos de computadoras, impresoras, internet, telefonía fija y celular, radios, licencias de software e instalación del sistema de red.

6.1.2.5 Costos de artículos de oficina.

Comprende tintas de impresoras, papelería, bolígrafos, files, etc.

6.1.2.6 Costo de vehículos.

Incluye el costo de las camionetas asignadas al Proyecto, chofer, combustibles y servicios de mantenimiento.

6.1.2.7 Costos de Mantenimiento.

Incluye a un supervisor de mantenimiento eléctrico, personal de limpieza, materiales de limpieza.

6.1.2.8 Costos de servicios.

Incluye los vestuarios, baños, comedores, transporte de personal indirecto, entre otros.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Es importante tener un área de control de cambios del proyecto, la cual debe registrar todos los trabajos que se encuentren fuera del alcance del contrato para evitar posteriores pérdidas económicas, por trabajos realizados y no cobrados.
- Es importante capacitar a los supervisores sobre el reporte y control de todos los trabajos adicionales generados durante el desarrollo del proyecto, esta información deberá ser entregada al área de control de cambios.
- Es prioritario realizar un análisis de riesgo del proyecto, de manera que se puedan identificar los riesgos y sus posibles impactos en el desarrollo del proyecto y de esta manera poder elaborar un plan de contingencia que nos permita mitigar, transferir o eliminar el riesgo; de manera que podamos cumplir con las fechas de entrega del proyecto.
- El personal de supervisión debe recibir un curso de inducción en cuanto a los requerimientos de calidad y seguridad del proyecto así como las buenas prácticas de ingeniería, de manera que se encuentren uniformizados los conceptos de trabajo y se minimicen los costos de no calidad.
- La evaluación del uso de equipos debe de hacerse en campo, para evitar asumir tiempos y costos que luego podrían ser mayores en el desarrollo del proyecto.

- La Seguridad es un aspecto muy delicado en los proyectos de construcción en los cuales nuestro objetivo es no tener accidentes, más aún si el proyecto se tiene que desarrollar en áreas vecinas a la planta en operación en donde se debe de interferir lo menos posible con los trabajos cotidianos de la planta, razón por la que se debe de considerar tiempo de capacitación del personal como una partida en el costo del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

1. *Guía De los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*, PMI, 2004. Tercera Edición
2. *Structural Welding Cod Steel, American Welding Society AWS D1.1, Ed 2004.*
3. *Manual Of Steel Construction Load & Resistance Factor Design, American Institute Of Steel Construction, Second Edition, 1994.*
4. *Manual Tecnológico del Cemento, Walter H. Duda, Editores Técnicos Asociados, Barcelona España 1977.*
5. *Manual de Calderería*

PLANOS

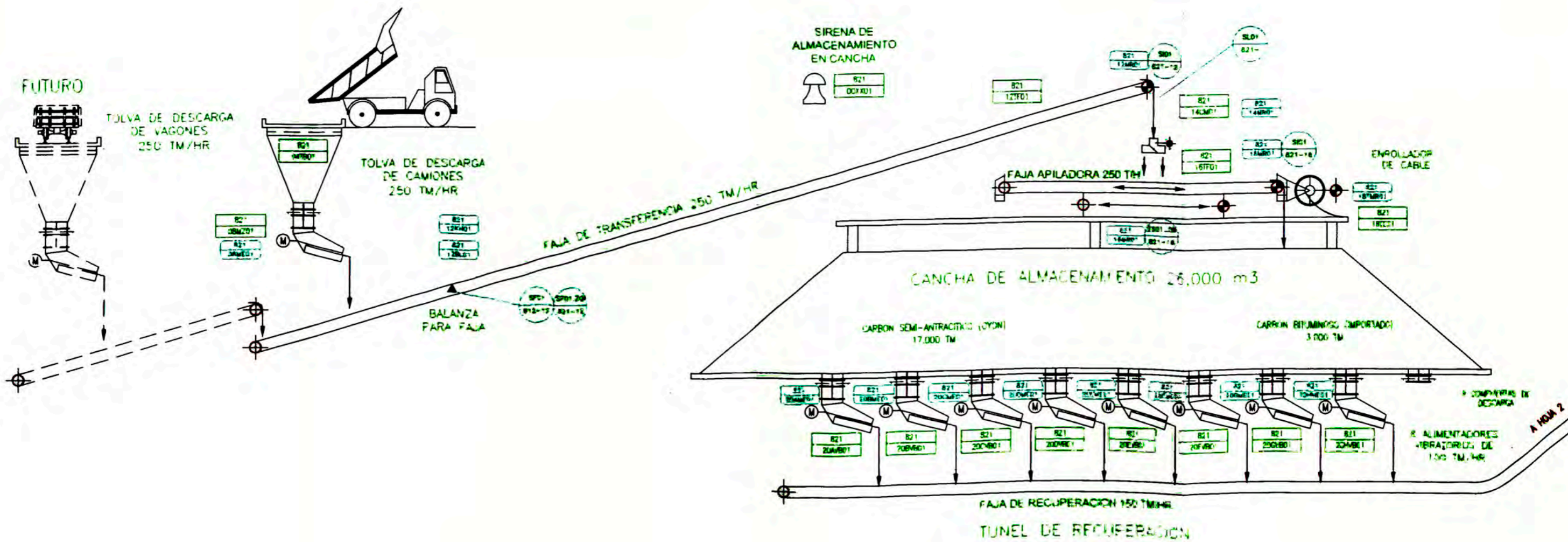
PLANOS

1. Diagramas de flujo de la Planta de Molienda.
2. Planos del Filtro de Mangas.
3. Plano del Transportador de Cadena de Recirculación.
4. Plano del transportador de Cadena de Alimentación.
5. Plano de la Trituradora de Martillos de Impacto.
6. Plano del Ventilador de Tiro.

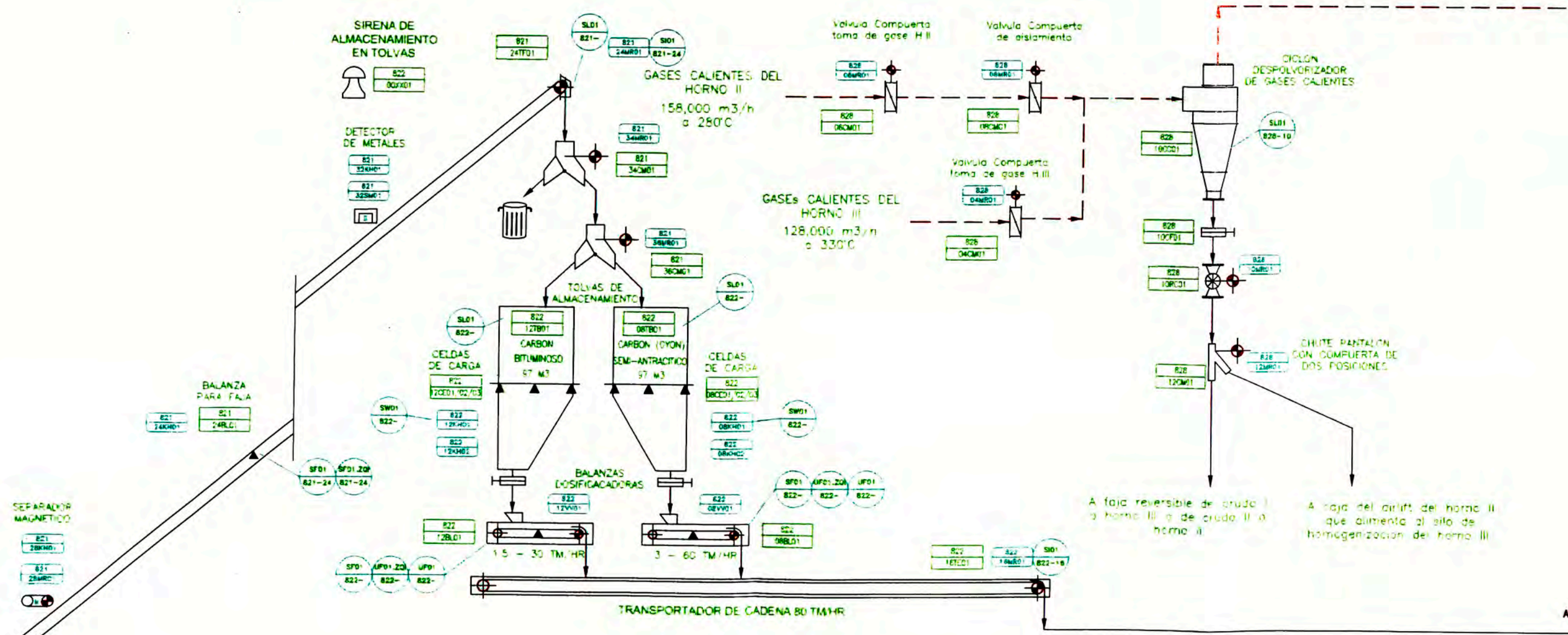
LEYENDA

	Gases Calientes
	Gases Recirculantes
	Aire Comprimido
	Solido
	Lubricacion
	CO2
	H2O
	Cod. Mec.
	Cod. Elec.

CARBON ANTRACITICO Y BITUMINOSO



REV.	APR.	FECHA	ZONA	MODIFICACION DE CODIGOS	PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON	DIS. C.M.A.	MAYO 03	ESC.		PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON
						REV. E.B.	MAYO 03	EQ.		
						APR. R.R.P	MAYO 03	REV. HOJA N°		CANCHA DE ALMACENAMIENTO DE CARBON
						NUMERO DE PLANO 078E1-820-551		1	1/4	



REV.	APR.	FECHA	ZONA

MODIFICACION DE CODIGOS

PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON

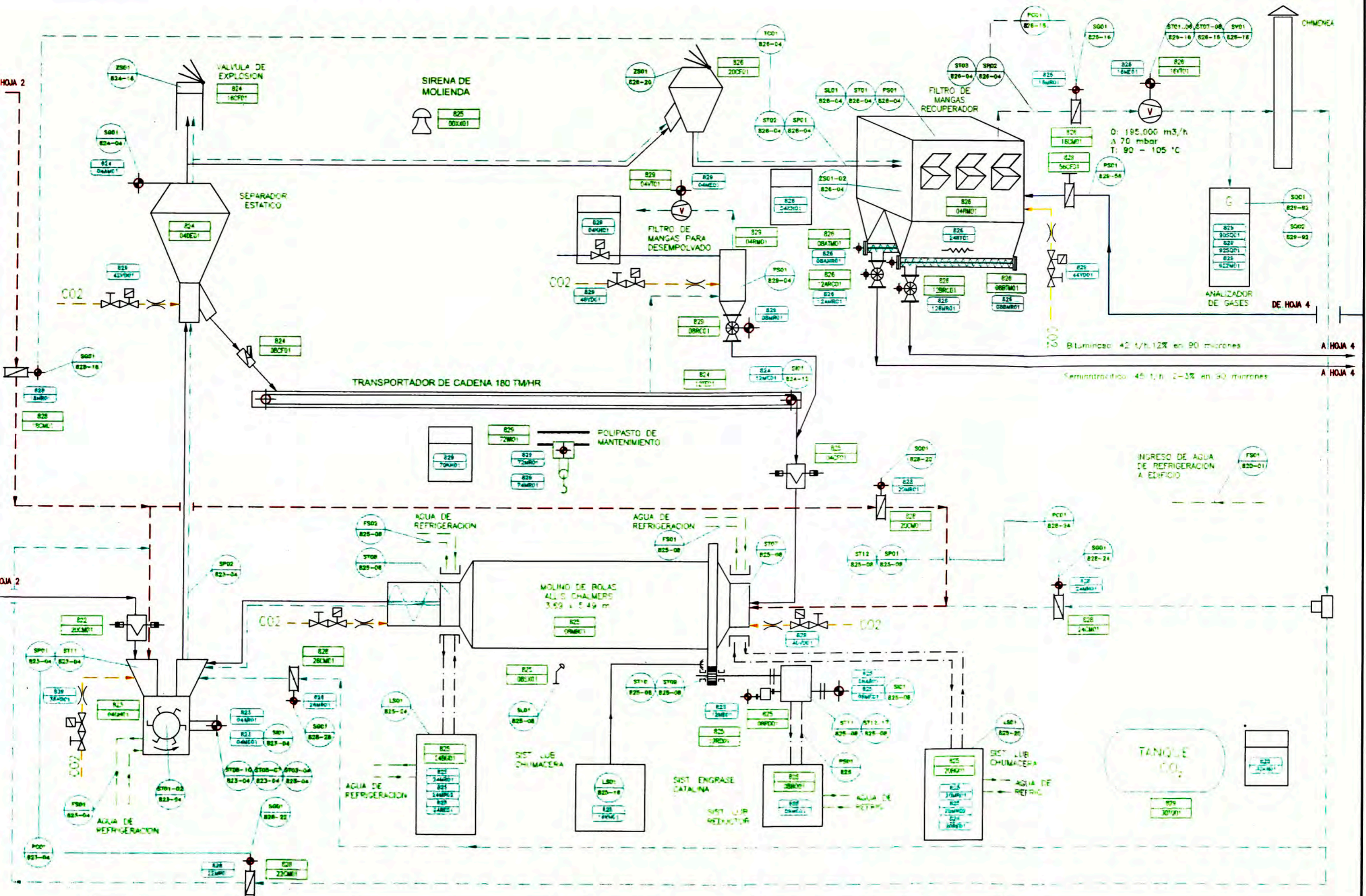
DIS. C.M.A.	MAYO 03	ESC. S/E
REV. E.B.	MAYO 03	
APR. R.RP.	MAYO 03	EQ.
NUMERO DE PLANO		REV. HOJA N°/DE
078E1-820-551		1 2/4



PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON

TTT. DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION

DOSIFICACION DE CARBON Y ENTRADA DE GASES CALIENTES



UBICACION DE SECADOR Y TANQUE
 MODIFICACION DE CODIGOS, ADICION DE EQUIPOS

PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON

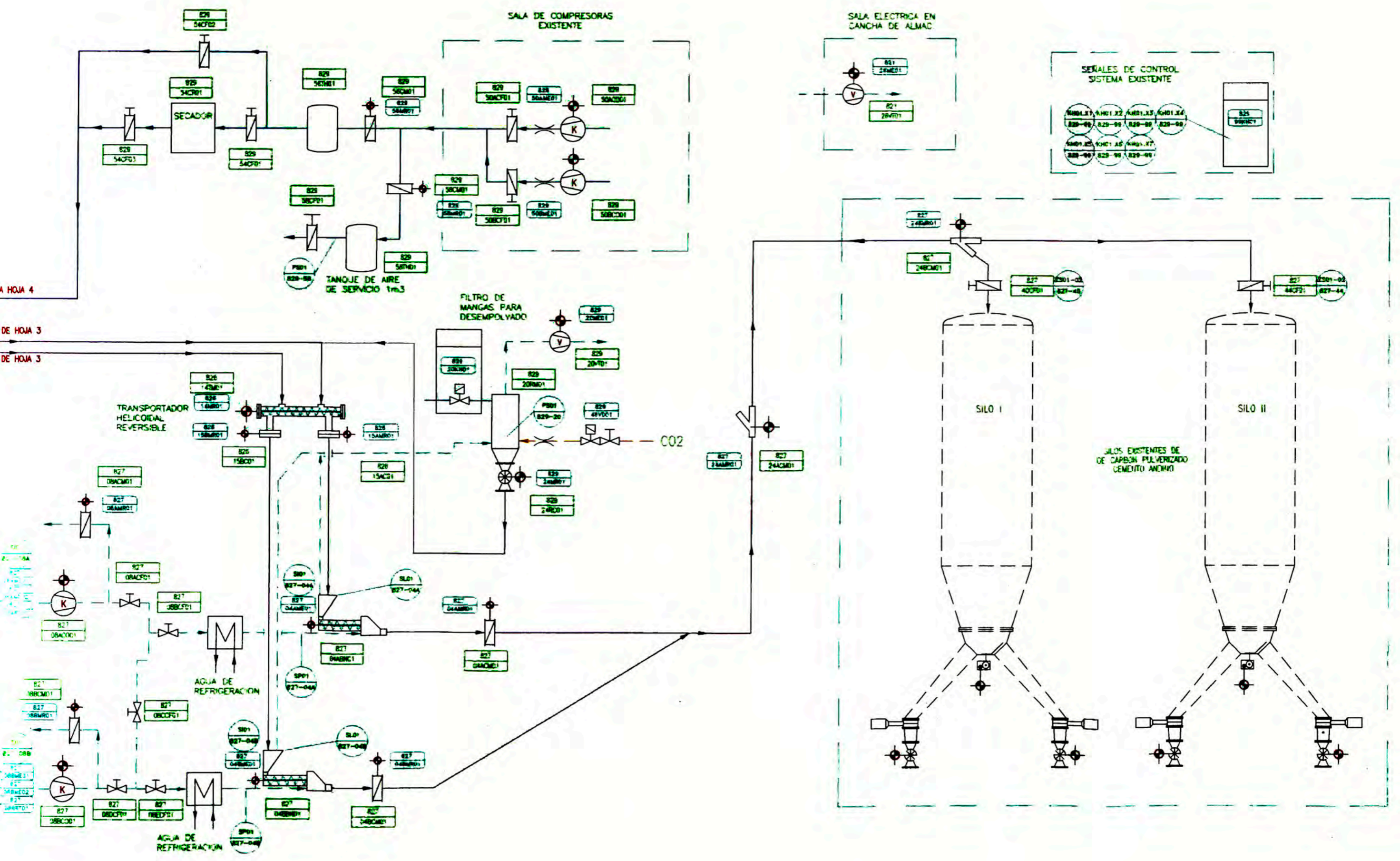
DIS. C.M.A.	MAYO 03	ESC. S/E
REV. E.B.	MAYO 03	EQ.
APR. R.R.P.	MAYO 03	
NUMERO DE PLANO	REV.	HOJA N°/DE
078E1-820-551	2	3/4



PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON

TIT. DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION
 MOLIENDA Y RECUPERACION DE MATERIAL

APR. FECHA



HOJA 4

HOJA 3

HOJA 3

REVISIONES

REV. 01	20/05/03	DIS. C.M.A.
REV. 02	20/05/03	REV. E.B.
REV. 03	20/05/03	APR. R.R.P.
REV. 04	20/05/03	NUMERO DE PLANO
REV. 05	20/05/03	07BE1-820-551

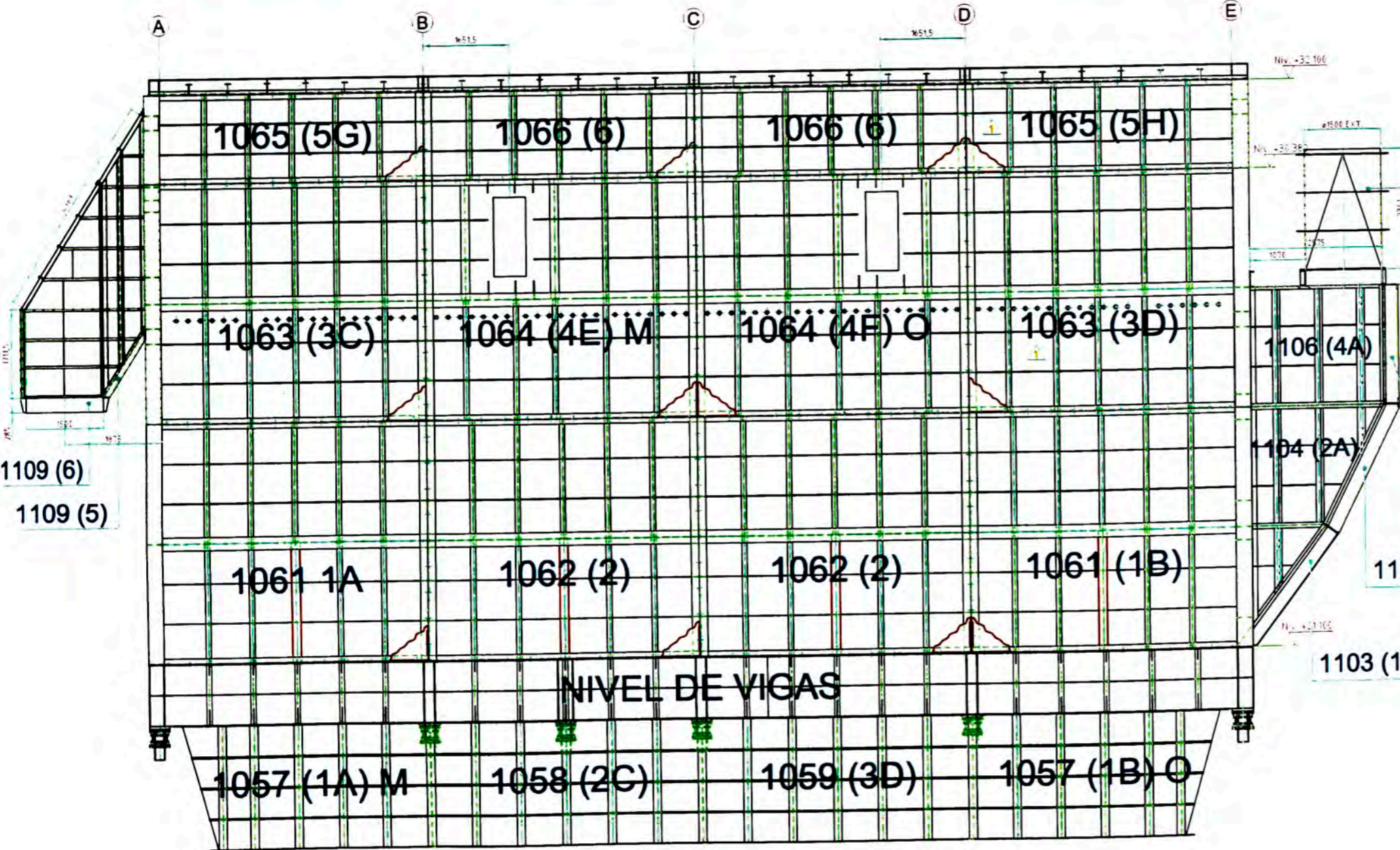
UBICACION DE SECADOR Y TANQUE	PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON	DIS. C.M.A.	MAYO 03	ESC. S/E
MODIFICACION DE CODIGOS		REV. E.B.	MAYO 03	EQ.
DIS.	REV.	APR.	FECHA	ZONA

PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON	DIS. C.M.A.	MAYO 03	ESC. S/E
	REV. E.B.	MAYO 03	EQ.
	APR. R.R.P.	MAYO 03	
	NUMERO DE PLANO	REV.	HOJA N°/DE
	07BE1-820-551	2	4/4

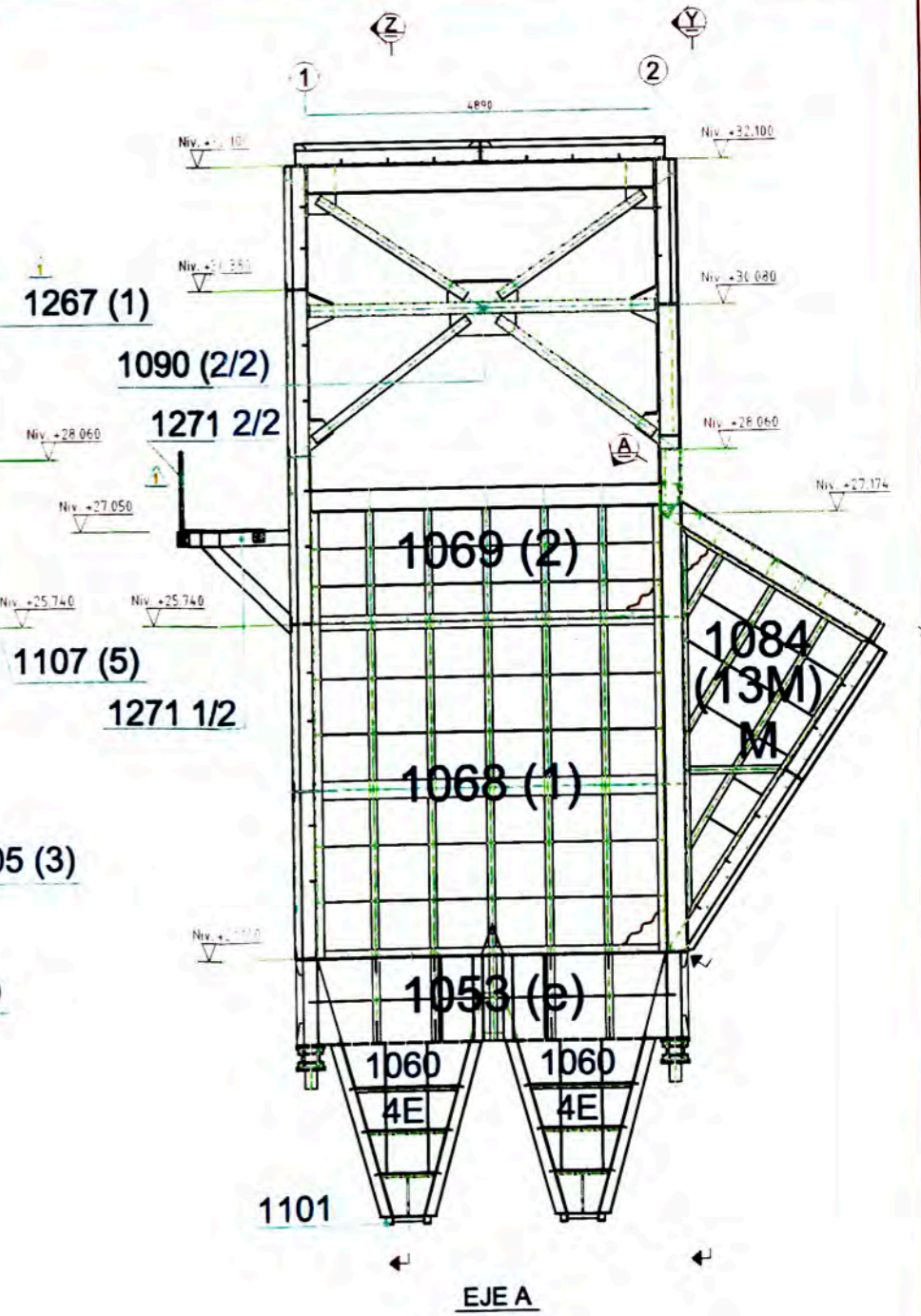
PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON	DIS. C.M.A.	MAYO 03	ESC. S/E
	REV. E.B.	MAYO 03	EQ.
	APR. R.R.P.	MAYO 03	
	NUMERO DE PLANO	REV.	HOJA N°/DE
	07BE1-820-551	2	4/4



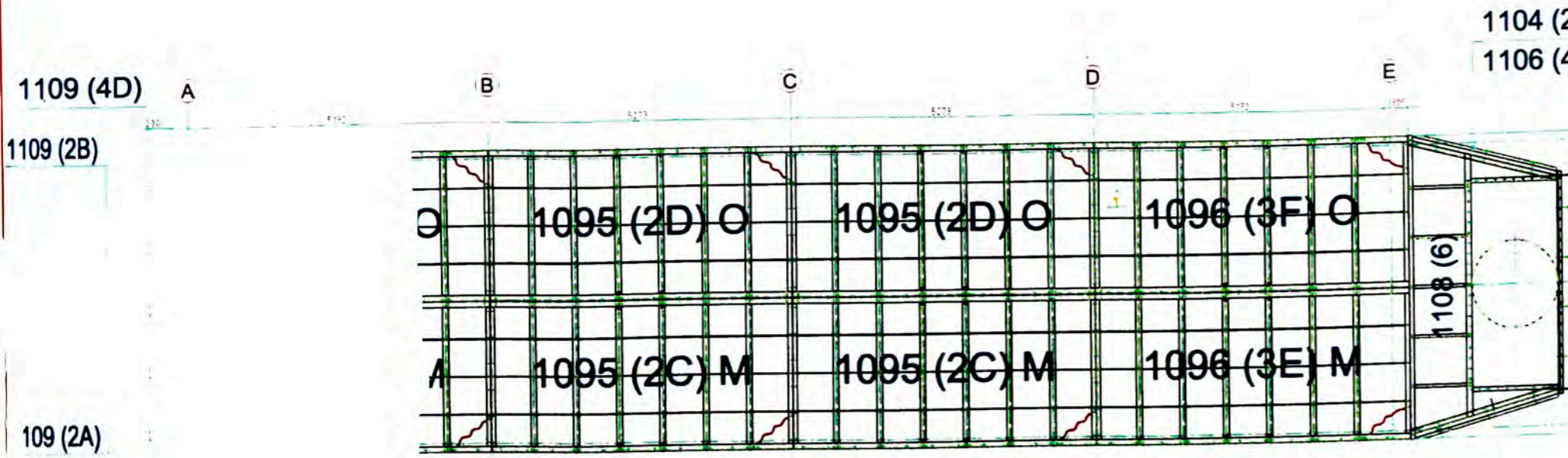
PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON
TIT. DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION
TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO A SILOS



SECCION Z
ESCALA 1:50

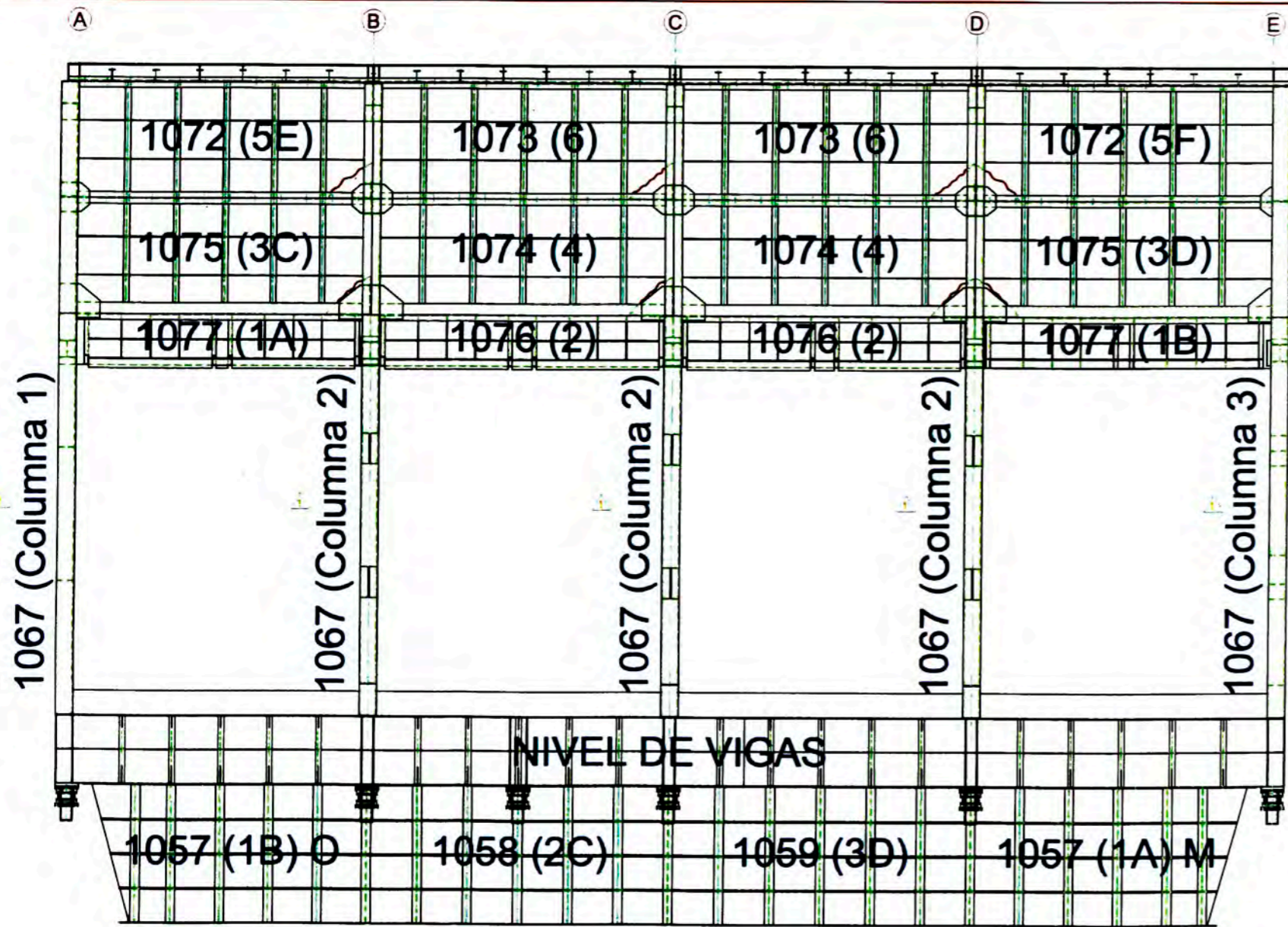


EJE A

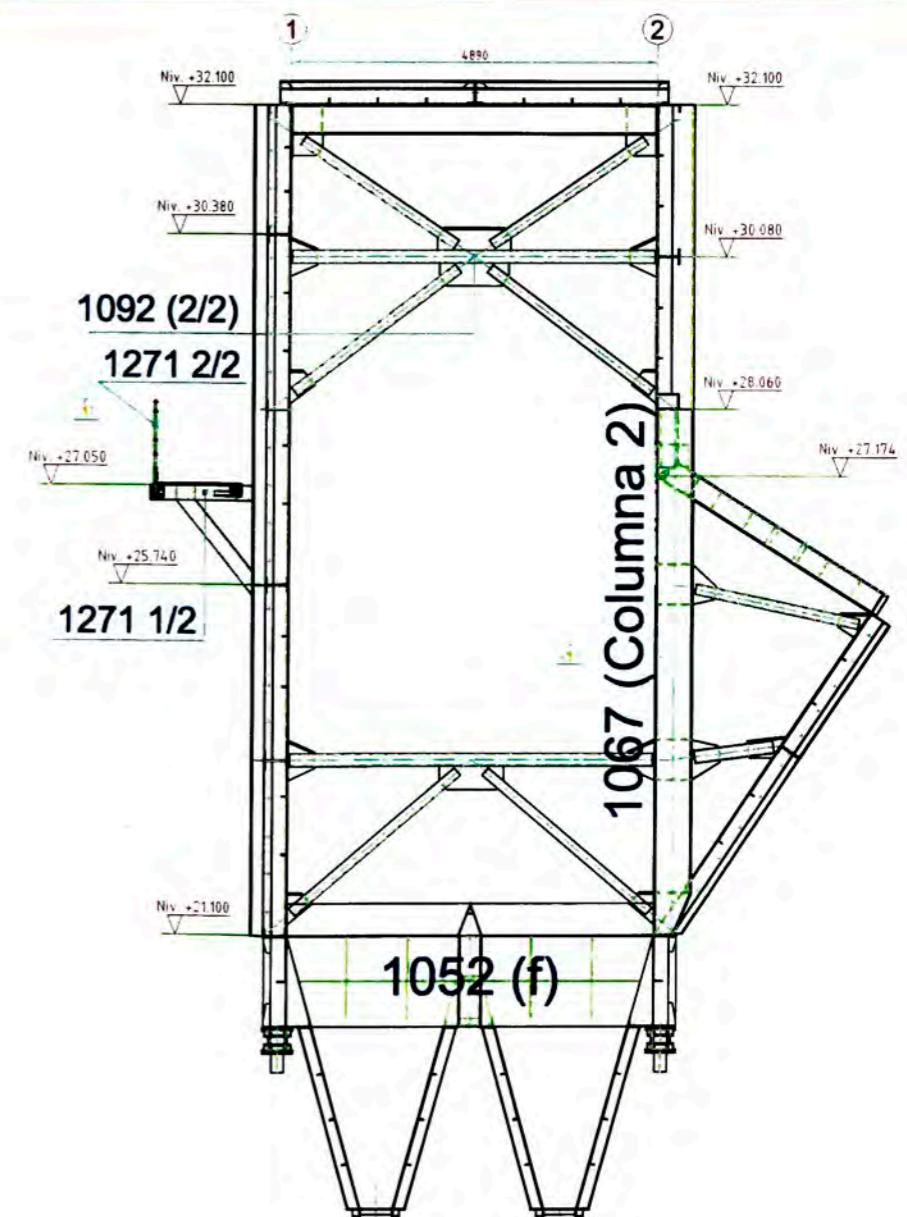


PLANTA TECHO
ESCALA 1:50

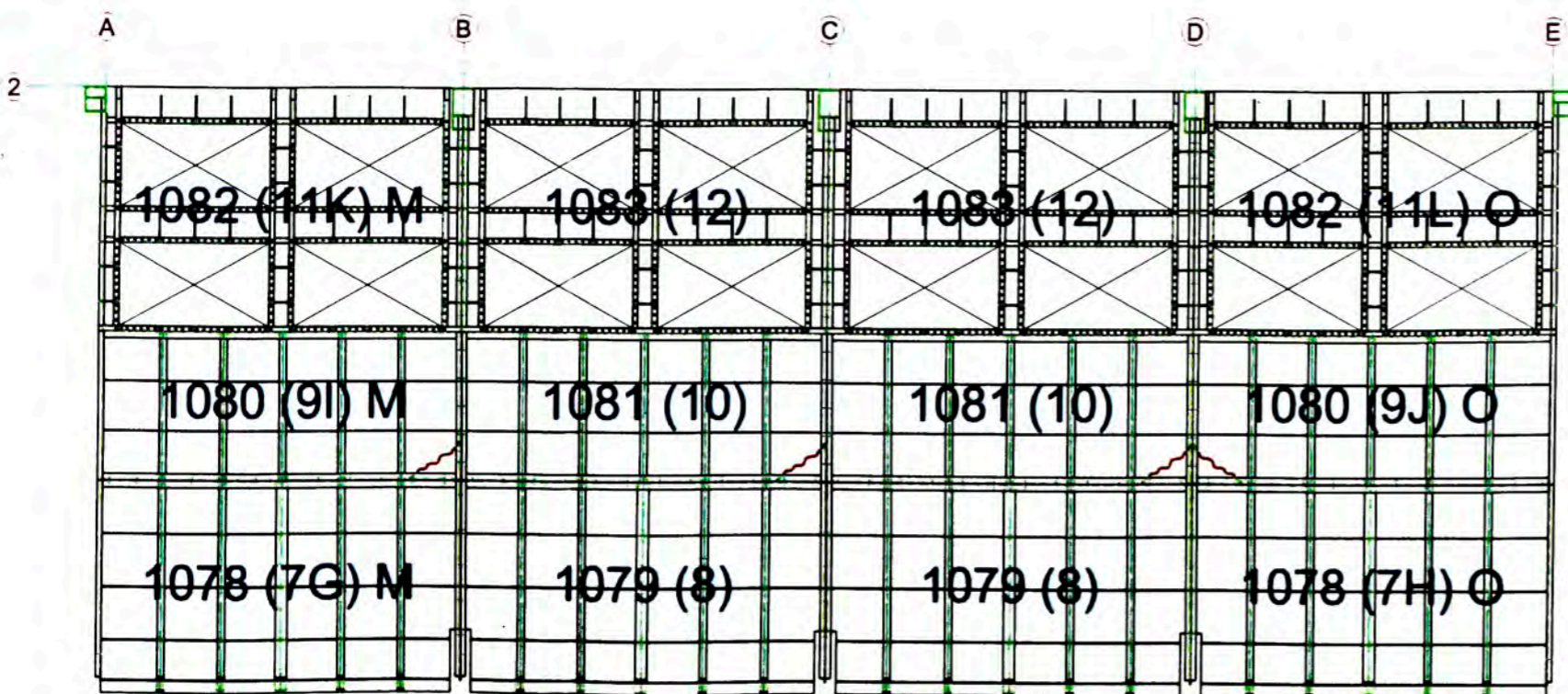
		PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON	
		REFERENCIA: 078-AR-000-001 REEMPLAZO DE:	
MOLIENDA Y SEPARACION FILTRO DE MANGAS PLANO DE MARCAS		L-0011516 ESCALA: 1:50	ARPL 078/E1-1110 1/3



SECCION Y
ESCALA 1:50

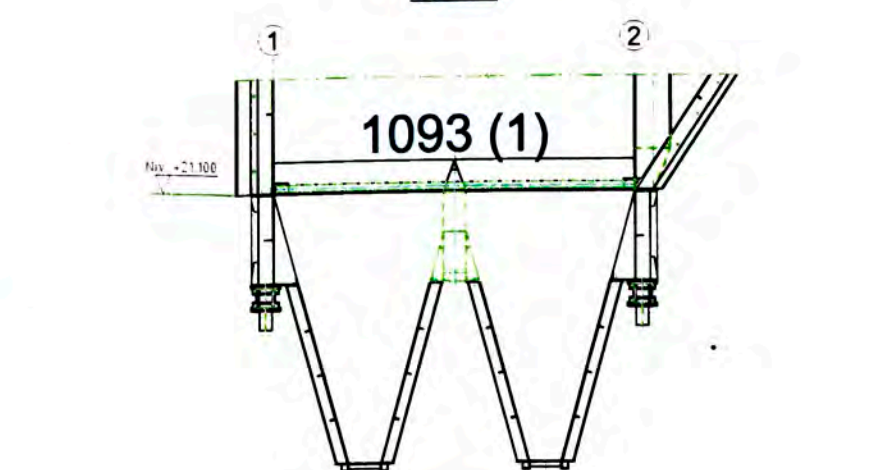
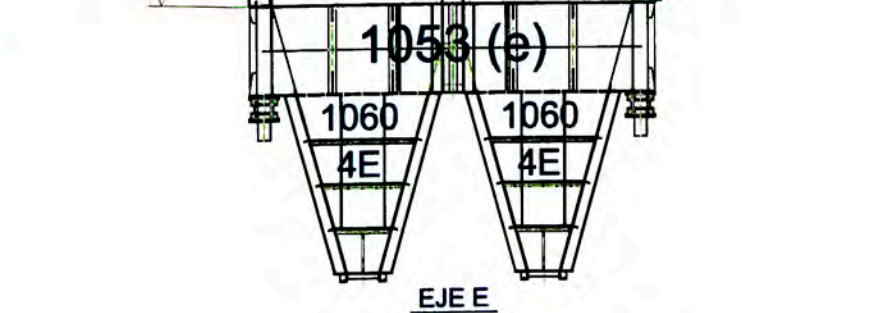
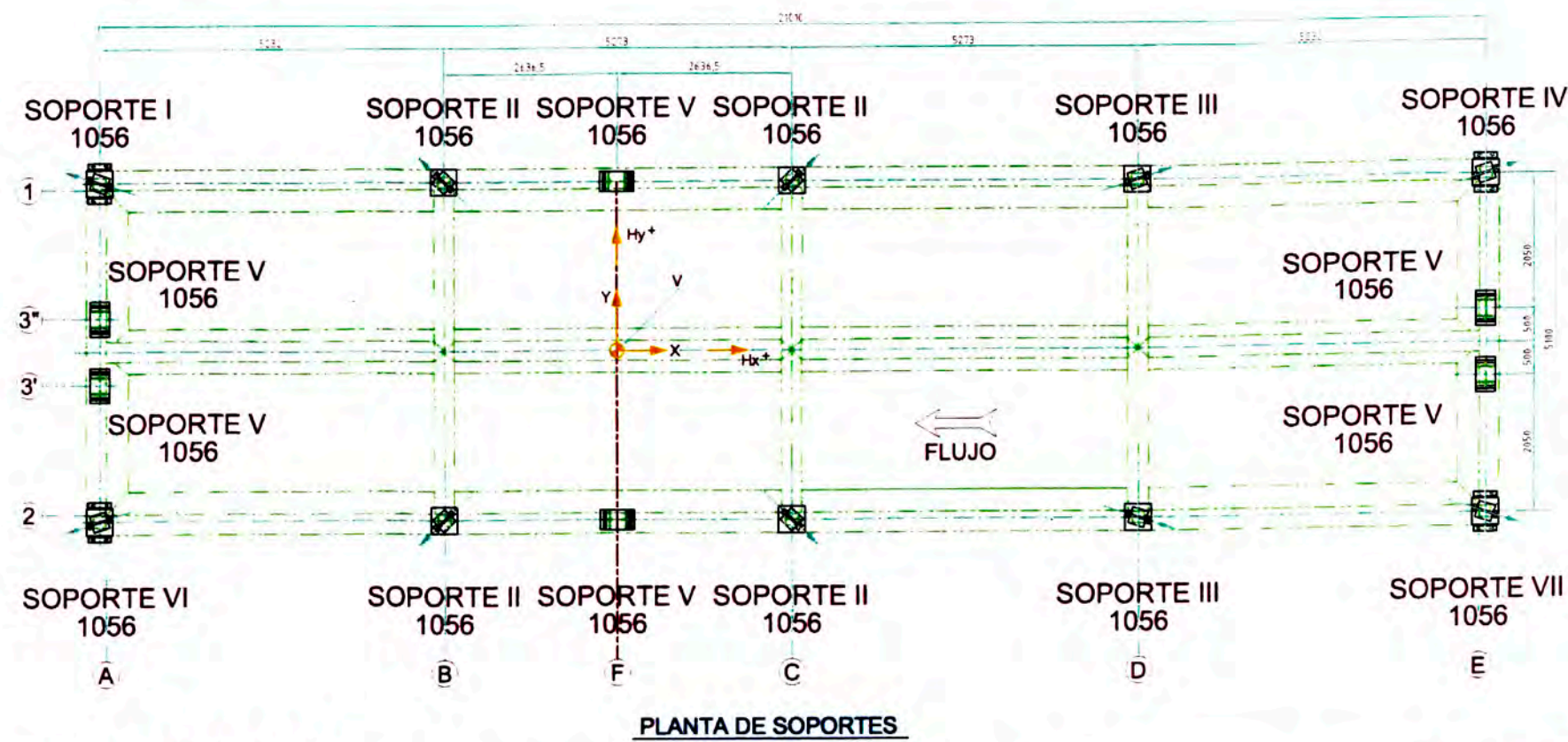
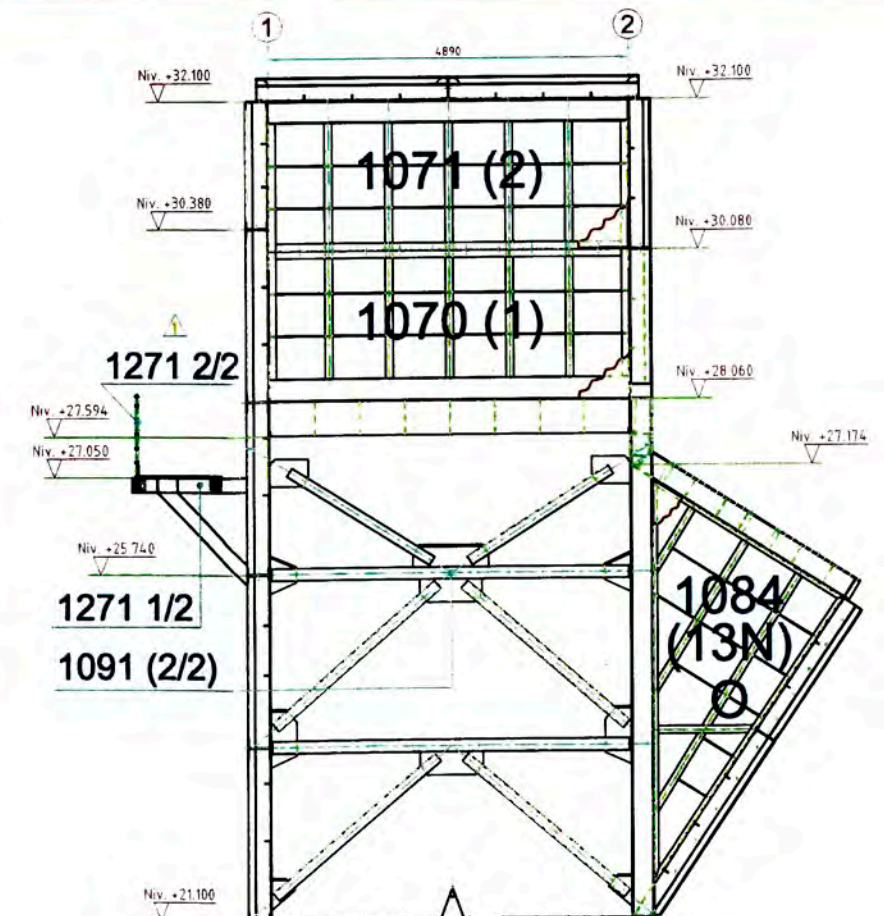
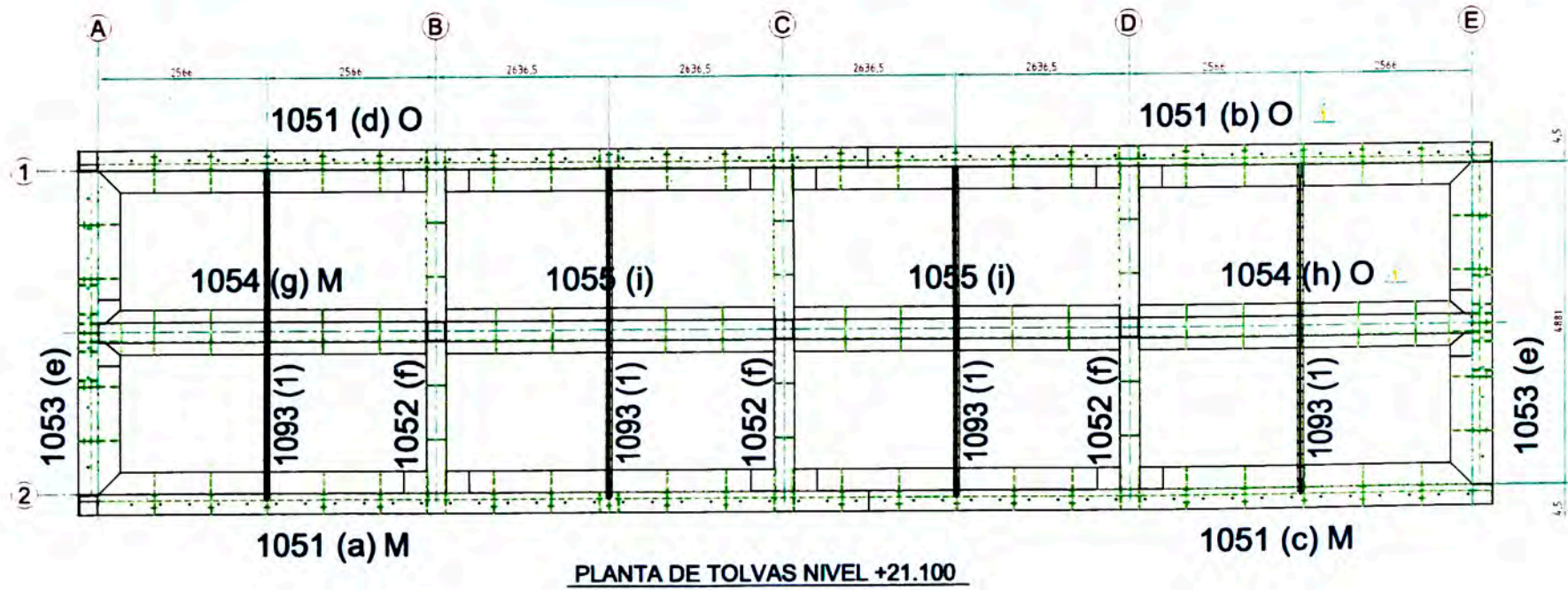


EJES B, C y D



VISTA A
ESCALA 1:50

	PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON	
	REFERENCIA: 078-ARPL-001 REEMPLAZO DE:	
MOLIENDA Y SEPARACION FILTRO DE MANGAS PLANO DE MARCAS		ESCALA: 1:50 ARPL 078/E1-1110



CARGAS EN KN.

SOPORTE	A/1			B/1			C/1			F/1			D/1			E/1			
	V	Hx	Hy	V	Hx	Hy	V	Hx	Hy	V	Hx	Hy	V	Hx	Hy	V	Hx	Hy	
Carga Muerta	149	-14	1.5	224	-16	1.6	225	-16	1.6	-24	230	-22	7	187	-16	3			
Carga Viva	133	-13	1.4	234	-17	1.6	244	-18	1.7	-23	235	-22	7	130	-13	2			
Presión	-178	-17	1.6	-75	-5	1.5	-34	-2	1.2	-5	-75	-7	1.2	-178	-18	3			
X	-208	-20	1.6	80	-4	1.4	34	-2	1.2	230	-42	-4	1.1	-188	-18	4			
Y	-188	-18	1.6	28	-2	1.2	8	-1	1.1	2	28	-2	1.1	-184	-18	3			
W	1.6			-13	-1	1.1	-18	-1	1.1	8	-13	-1	1.1	-12	-1				
Máximo	371	35	11	458	33	32	469	34	33	280	485	44	14	382	37	7			
Mínimo	-84	-35	-11	-149	-33	-32	-185	-34	-33	-280	-185	-44	-14	-43	-37	-7			

SOPORTE	A/2			B/2			C/2			F/2			D/2			E/2			AV-405	BV-071
	V	Hx	Hy	V	Hx	Hy	V	Hx	Hy	V	Hx	Hy	V	Hx	Hy	V	Hx	Hy		
Carga Muerta	246	-24	1.8	248	-18	1.7	253	-18	1.8	-22	248	-24	1.8	224	-22	1.4				
Carga Viva	143	-14	1.4	230	-16	1.6	244	-18	1.7	-21	231	-22	1.7	142	-14	1.3				
Presión	-30	-3	1.1	-70	-5	1.5	-80	-6	1.6	-8	-71	-7	1.2	-30	-3	1.1	-285	-285		
X	-120	-11	1.4	38	-2	1.2	12	-1	1.1	-111	-30	-3	1.1	-115	-11	1.2	-84	-83		
Y	-125	-12	1.4	47	-3	1.3	43	-3	1.3	1	47	-5	1.1	-121	-12	1.2	-173	-172		
W	1.5			-10	-1	1.1	-12	-1	1.1	1.2	-10	-1		-12	-1					
Máximo	389	38	12	478	37	33	487	38	38	135	478	46	16	374	37	7	285	285		
Mínimo	-118	-38	-12	-178	-37	-33	-163	-38	-38	-135	-177	-46	-16	-91	-37	-7	-285	-285		

- NOTAS**
1. Girar el ángulo a su posición final, una vez montado.
 2. Los espárragos se instalan holgados con una luz de 1/8". Se ajustará la tuerca con contratuerca en cada extremo y se procederá a limar los hilos de la rosca para evitar se salga la tuerca.
 3. Los ítems 7a, 7b y 7c son solo para el Soporte I.
 4. Los ítems 28a, 28b y 28c son solo para el Soporte IV.

PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON

MOLIENDA Y SEPARACION
FILTRO DE MANGAS
PLANO DE MARCAS

ARPL 078/E1-1110

3/3

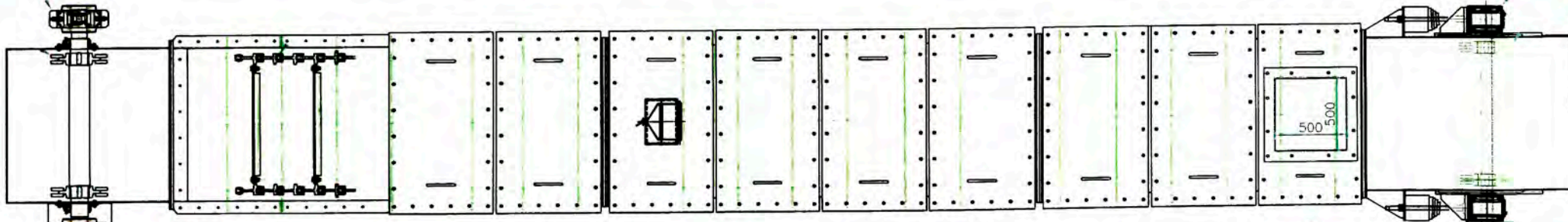
CHUMACERAS SNL 524
 ROD. 22224EK+H3124+
 TSN524G+ASNH 524

SPROCKET RLA0371-
 22214250F-08-FL02-
 090H7-080S-4-2688532

CADENA HEKO
 TIPO 69222
 PASO 142 mm.
 ESFUERZO DE ROTURA=380 KN.
 (196 PASOS SIMPLES + 49 CON
 OREJA DERECHA + 49 CON OREJA IZQUIERDA)

CHUMACERAS SNL 517
 ROD. 22217EK+H317+
 TSN517G+ASNH 517

SPROCKET RLA0371-
 6922214250F-08-FL02-
 090H7-080S-4-1688525



PLANTA

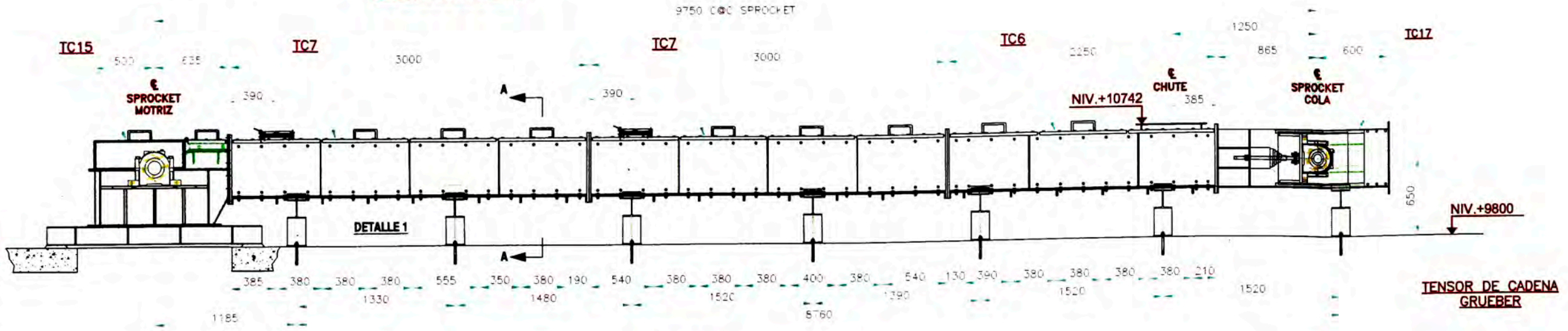
ACOPLAMIENTO FALK
 MOD. 1120T10 RSB

CHUMACERAS SNL 524
 ROD. 22224EK+H3124+
 TSN524G+2FRB14/215

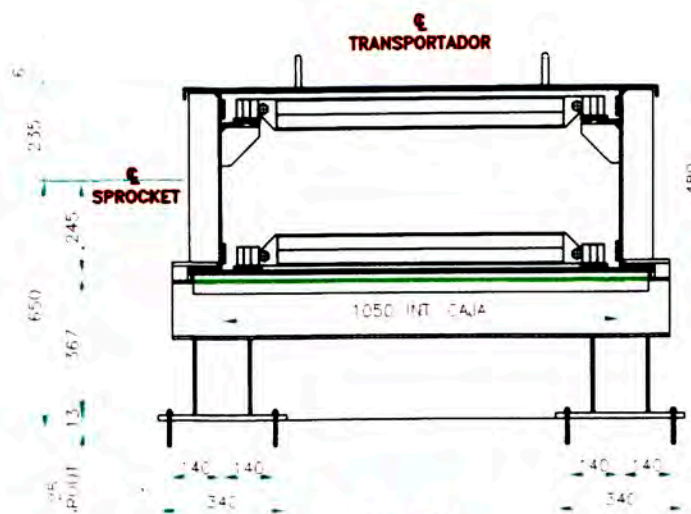
MOTORREDUCTOR
 DUPLO DE ENGRANAJES
 CONICOS HELICOIDALES
 SEW EURODRIVE
 MC3RLSF03/RXF87DV160M4
 POSICION DE EJES=04
 MOTOR 11 KW. 60Hz

CHUMACERAS SNL 517
 ROD. 22217EK+H317+
 TSN517G+2FRB12.5/170

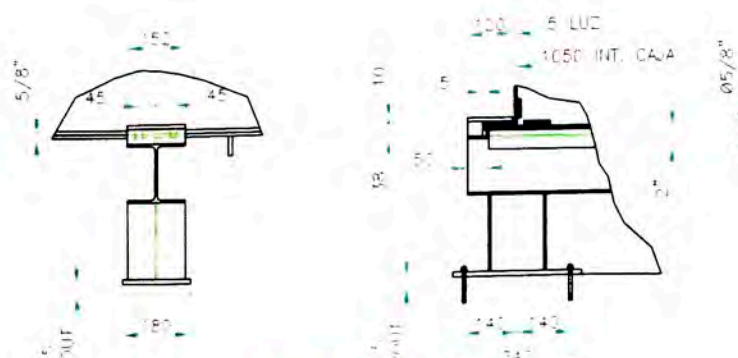
SENSOR DE GIRO



ELEVACION



SECCION A-A

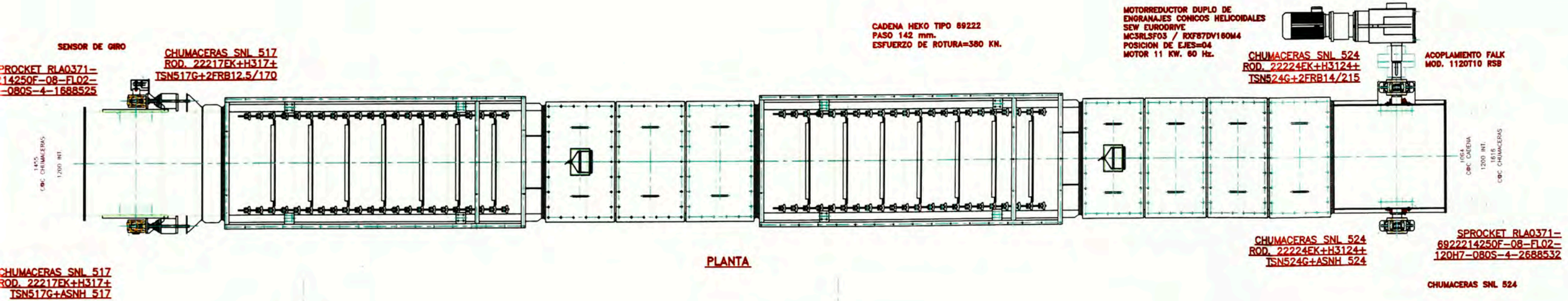


DETALLE 1

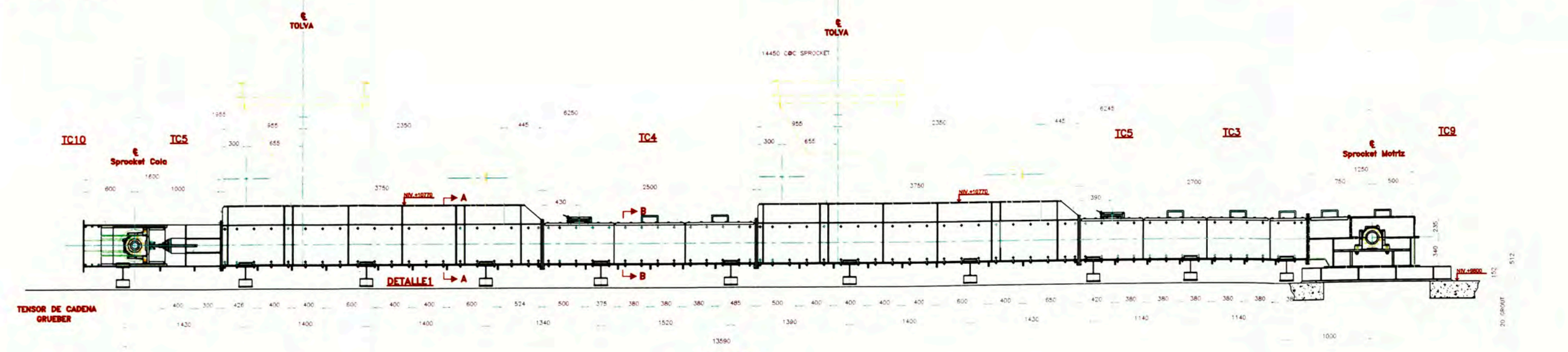
REFERENCIA		REEMPLAZO DE	
DISEÑADO	FECHA	REVISADO	FECHA
CLIENTE		S.F. N°	
		O.F.	
		ESCALA	REV
		ESC	A0
		PLANO N°	
		PLANO	1/1

PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON

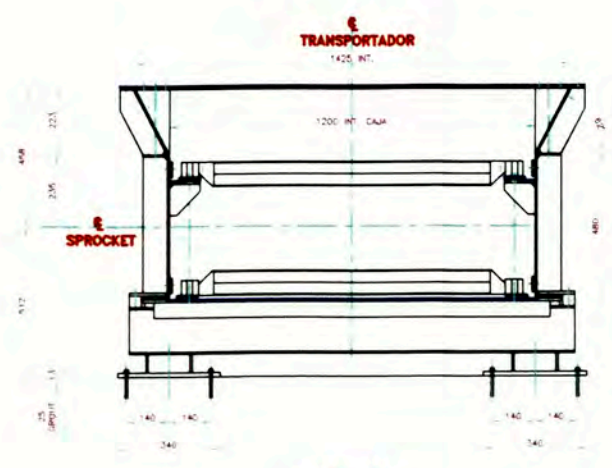
TRANSPORTADOR DE CADENA
 DE RECIRCULACION
 ANCHO=1050, DIST. ENTRE CENTROS=9,750



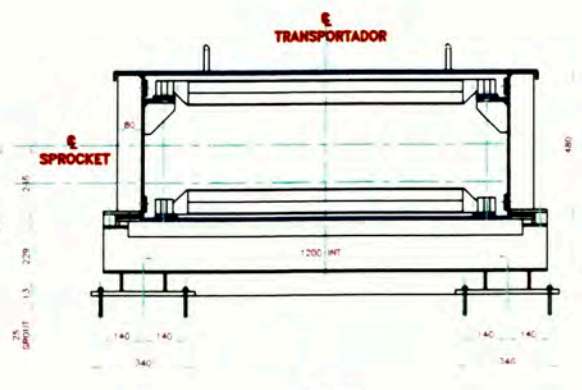
PLANTA



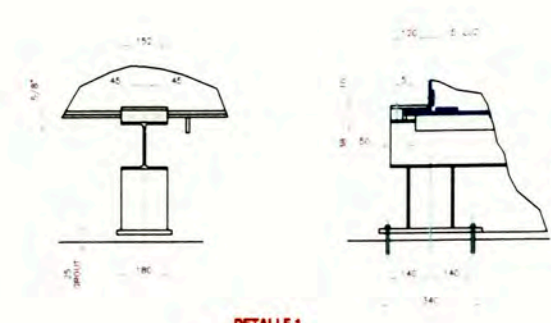
ELEVACION



SECCION A-A

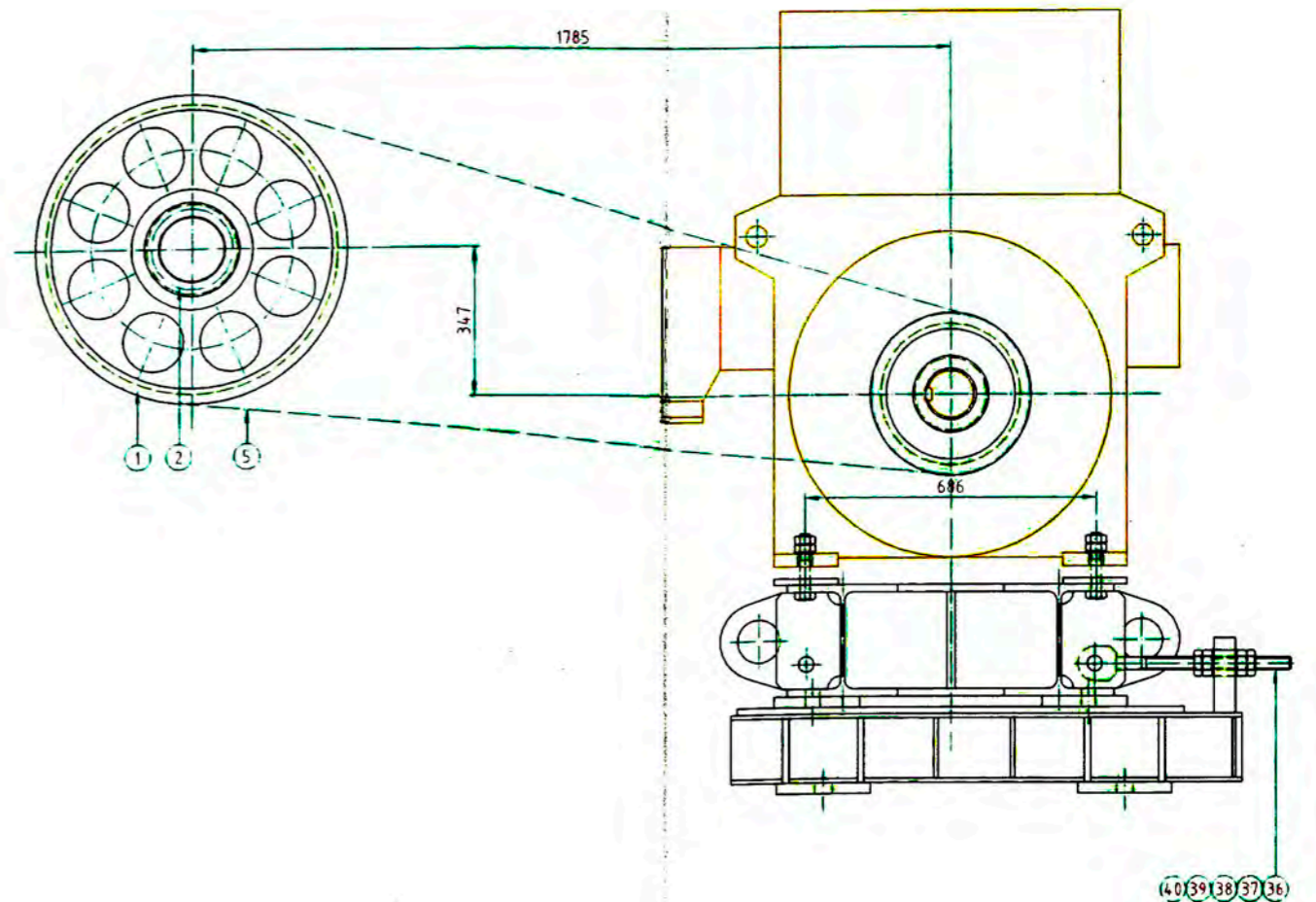
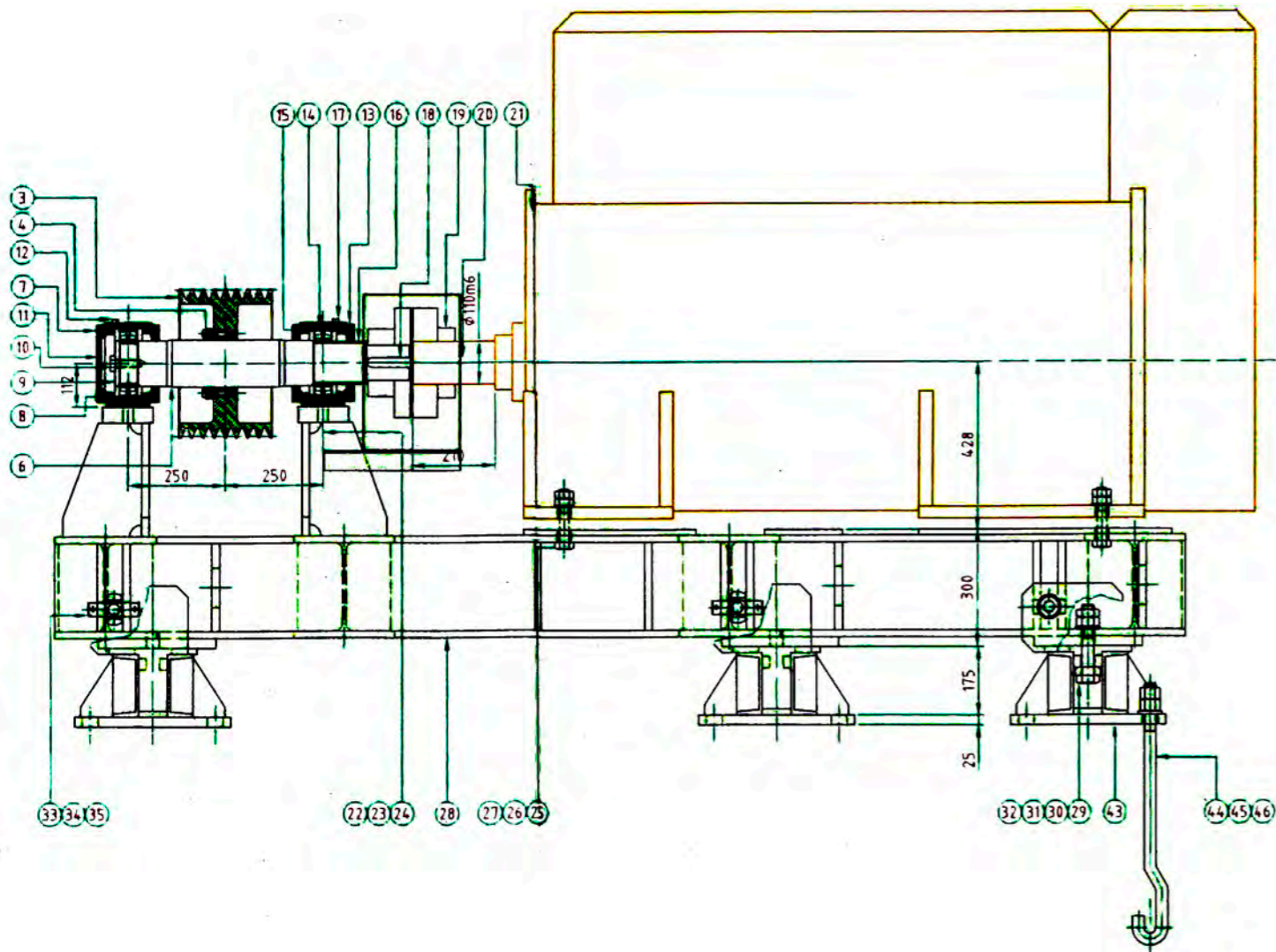


SECCION B-B

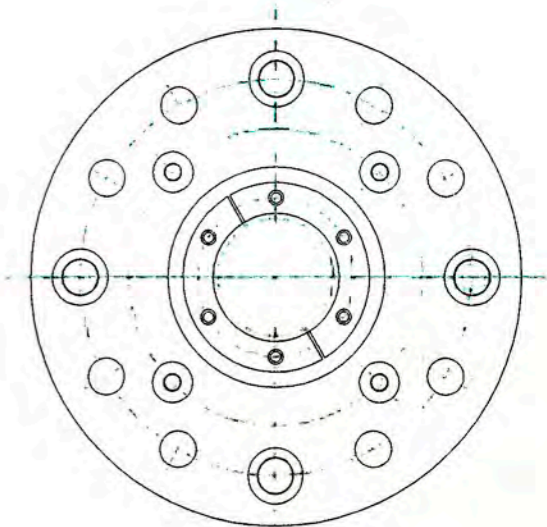
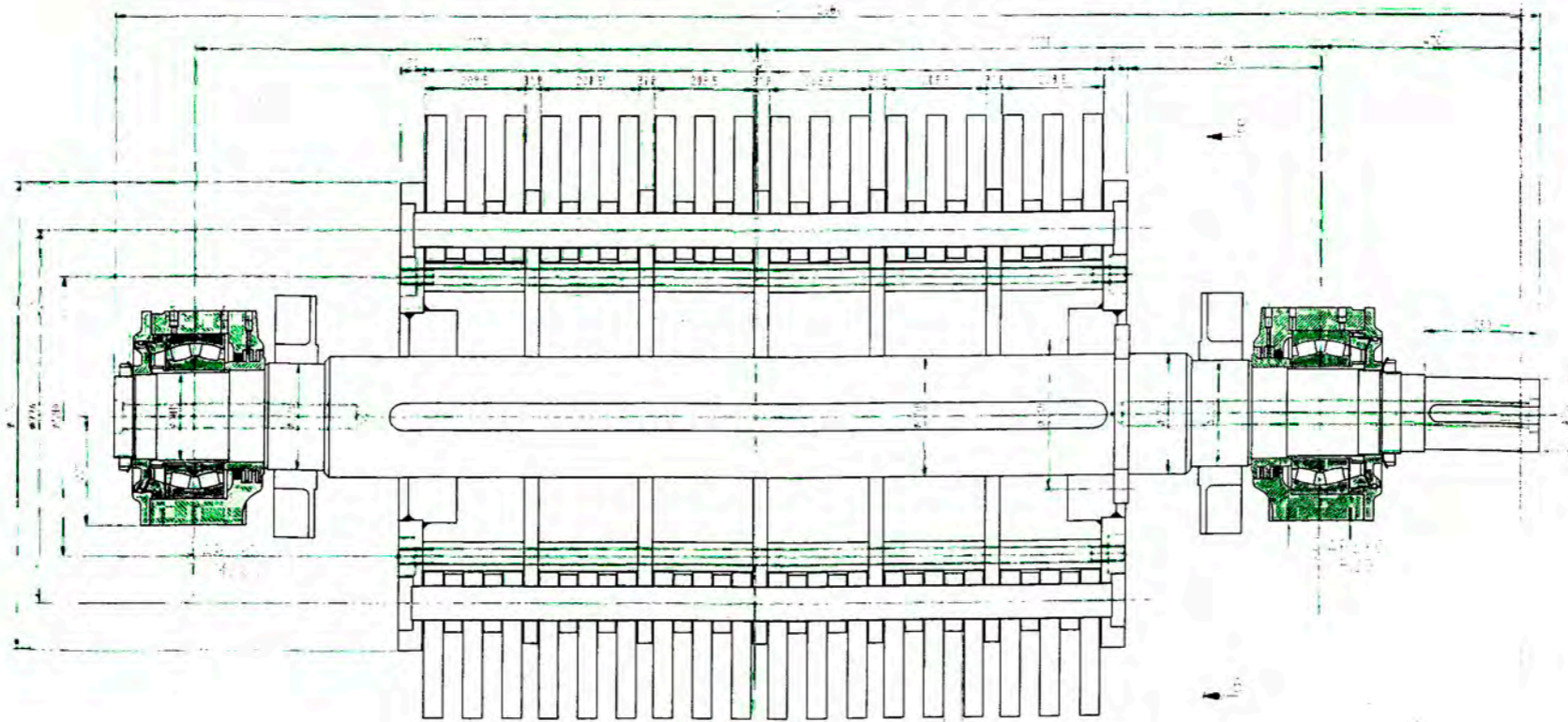
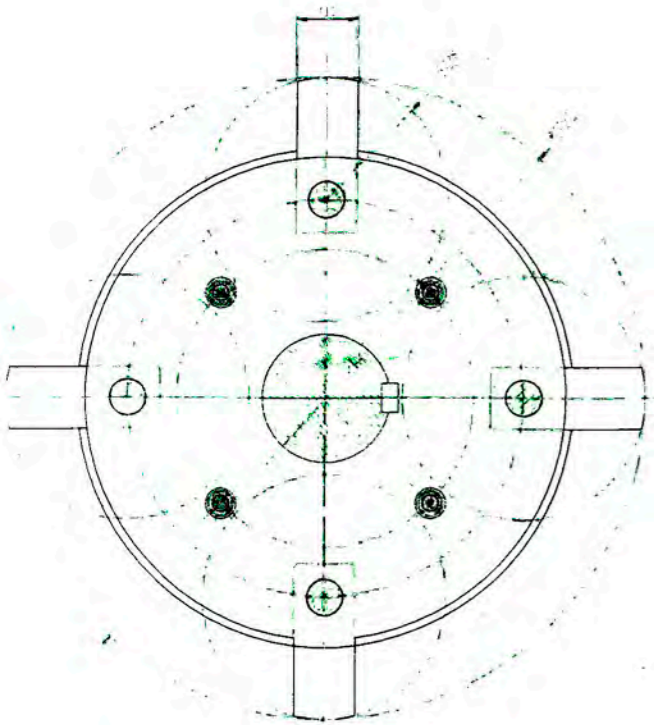



DETALLE1

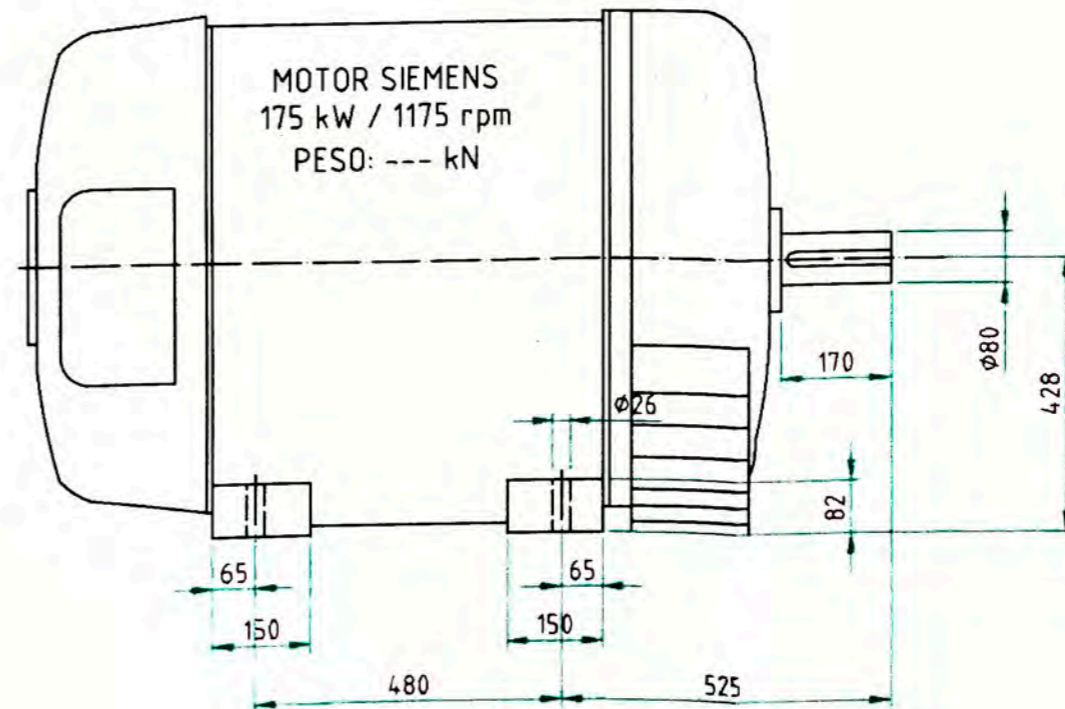
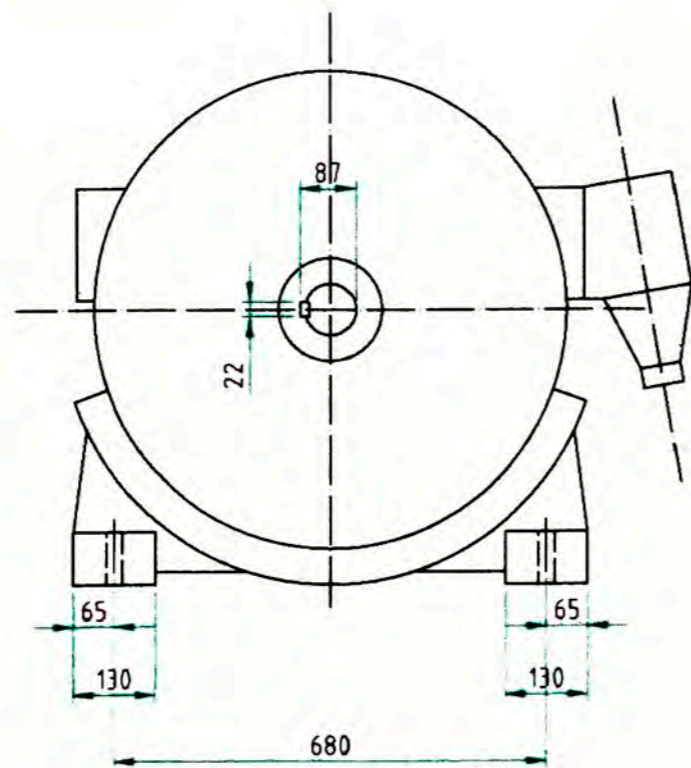
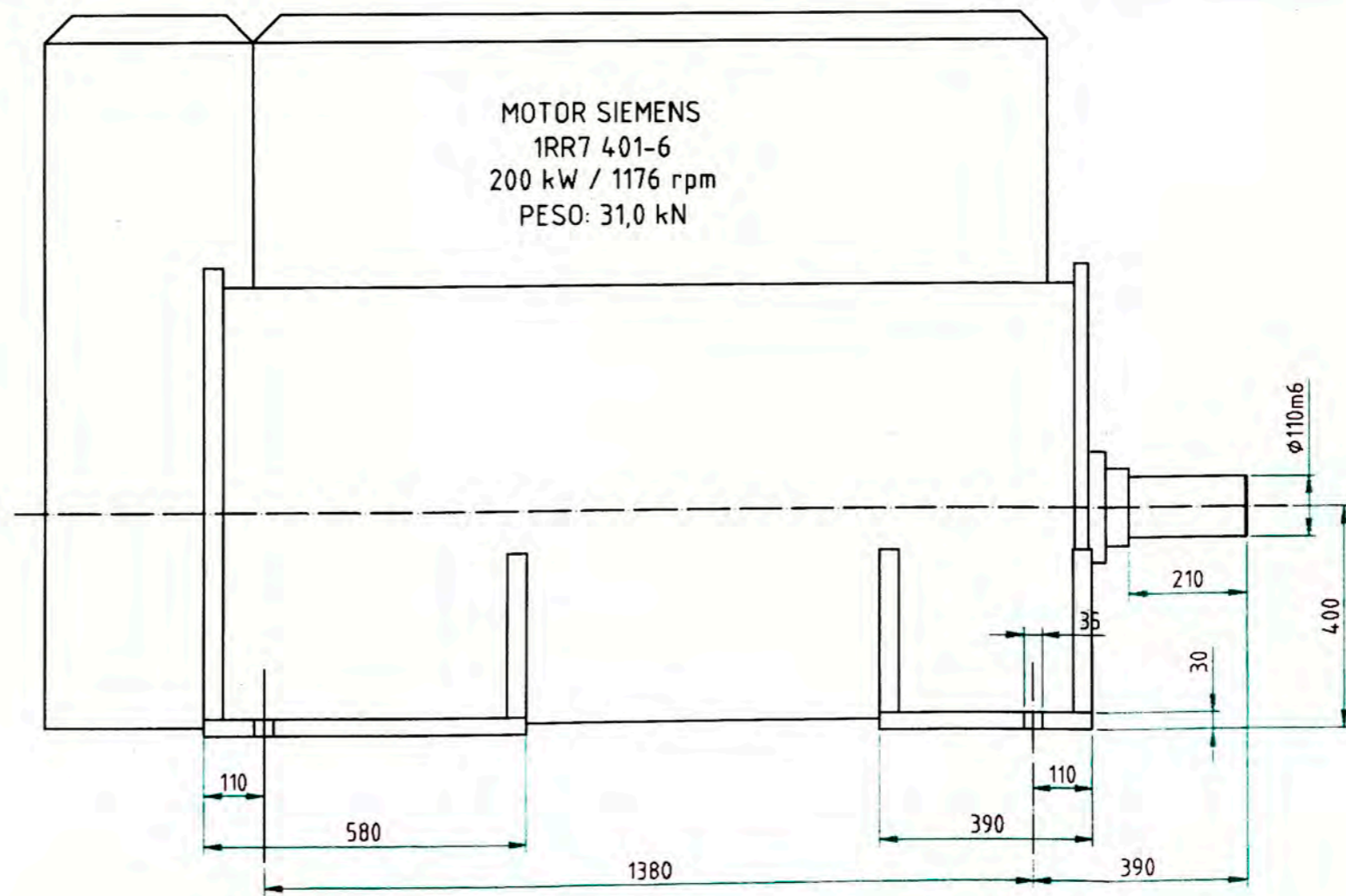
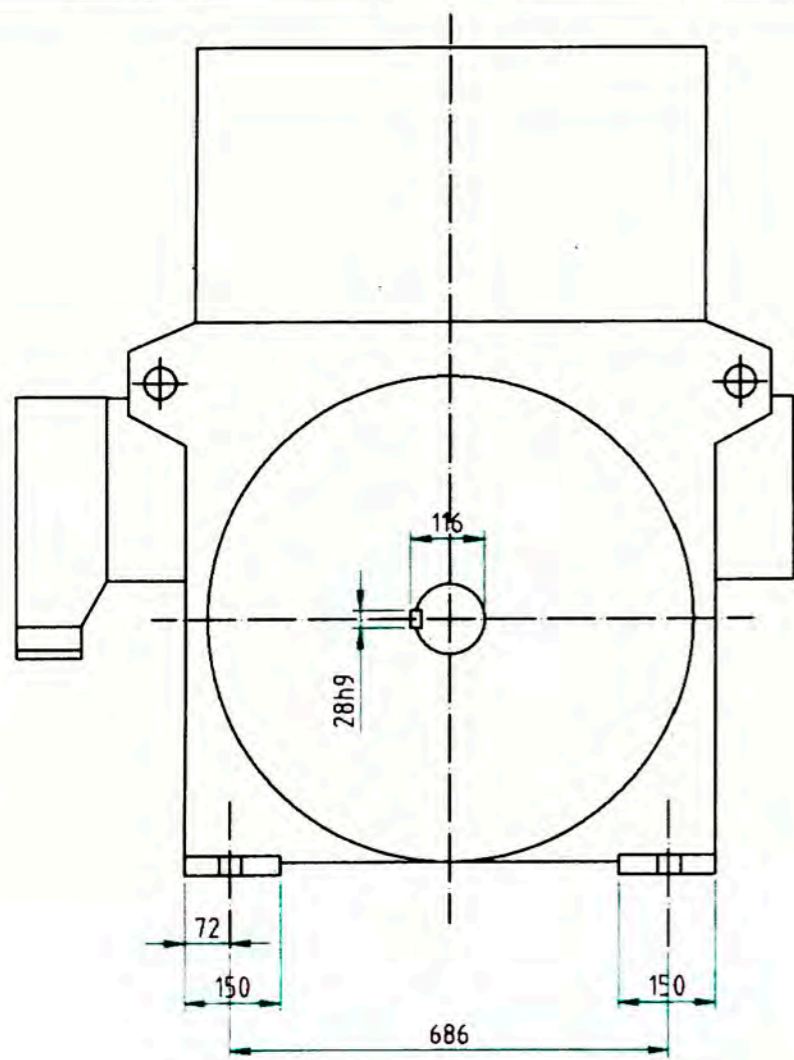
REFERENCIA		REFERENCIA	
REEMPLAZO DE	REEMPLAZO	REEMPLAZO DE	REEMPLAZO
DISEÑADO	NOMBRE	FECHA	
REVISADO	NOMBRE	FECHA	
APROBADO	NOMBRE	FECHA	
ESCALA	REV		
	ESC		AO
CLIENTE	O.F. N°		
	0.F.		
TRANSPORTADOR DE CADENA			
DE ALIMENTACION			
ANCHO=150 mm. DIST ENTRE CENTROS=1480			
PLANO N°	PLANO		
			11



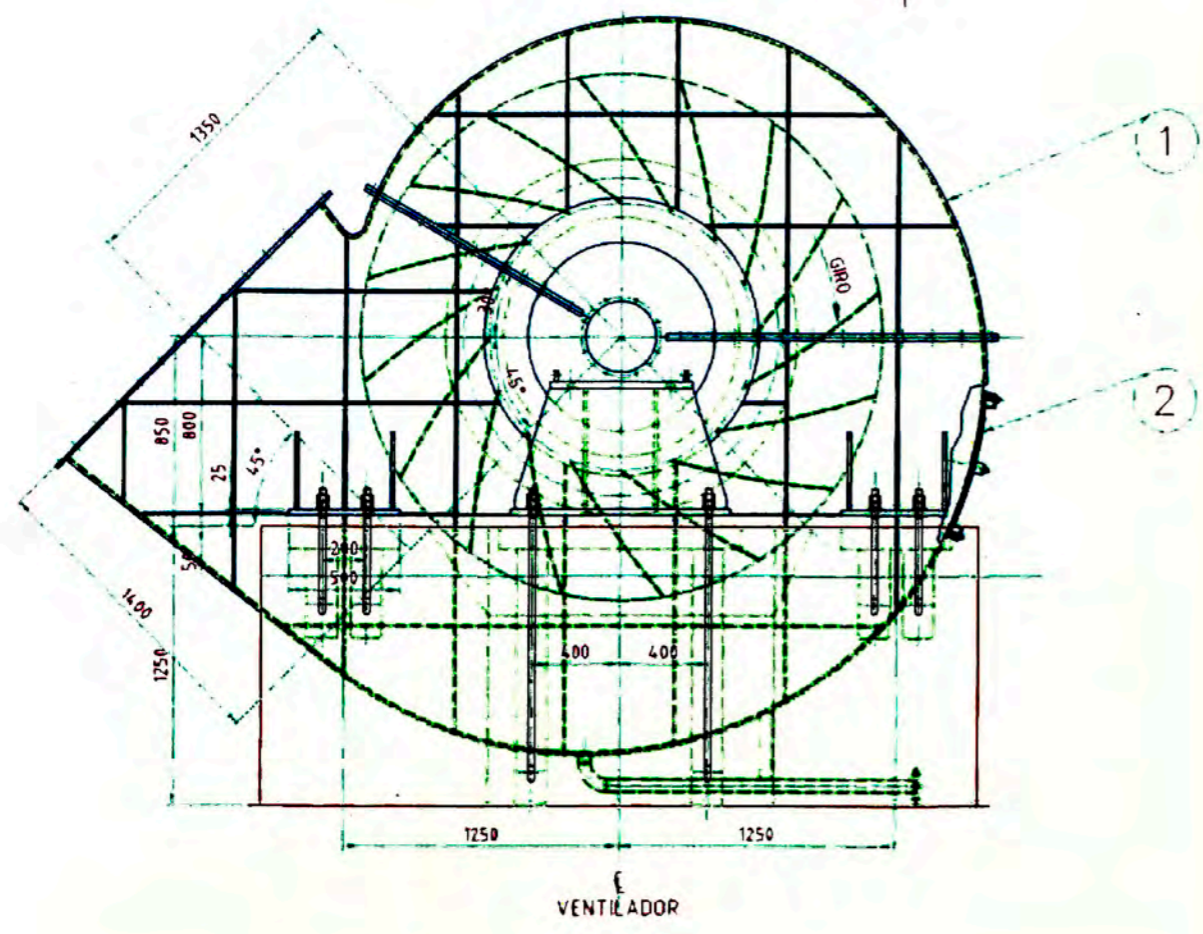
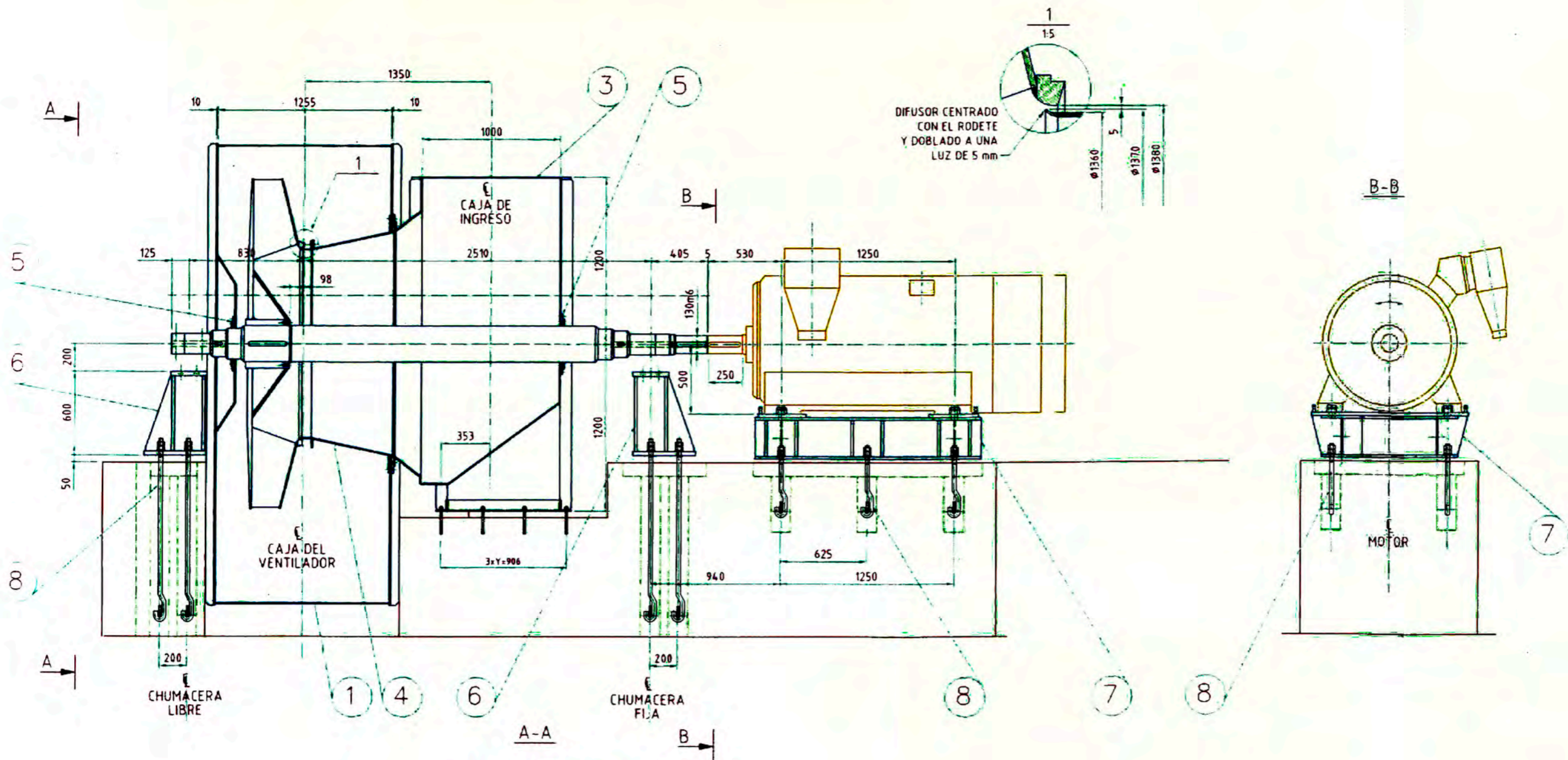
	PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON			
	TIT. TRITURADORA DE MARTILLO			
CLIENTE DIVISION	DISE.	COD.	ESC.	
	REV.	LIST. PARTES	PESO	
	APR.	NUMERO DE PLANO 078-M2-823-900		REV.



		PLANTA DE MOIENDA DE CARBON Trituradora de Martillo			
		TRITURADORA DE MARTELO			
CLIENTE DIVISION	DR.	CR.	EK.		
	REV.	LIST PARTES	PESO		
APL.	NUMERO DE PLANO		REV.		
		078-M2-823-901			



	PLANTA DE MOLIENDA DE CARBON			
	TRITURADORA DE MARTILLO			
CLIENTE DIVISION	DES.		CRD.	ESC.
	REV.		LIST. PARTES	PESO
	APR.			
			NUMERO DE PLANO 078-M2-823-90	REV.



ITEM	DENOMINACION	N° DE PLANO	CANT.
8	PERNOS DE ANCLAJE	078 M5-826-907	22
7	BASE DE MOTOR	078 M5-826-906	1
6	BASES DE CHUMACERA	078 M5-826-905	2
5	SELLOS LATERALES	078 M5-826-904	2
4	DIFUSOR DE ADMISION	078 M5-826-903	1
3	CODO DE ADMISION	078 M5-826-902	1
2	TAPA DE INSPECCION	078 M5-826-901	1
1	CARACA	078 M5-826-900	1

REFERENCIA	
REEMPLAZAR DE	FECHA
DISEÑADO	FECHA
REVISADO	FECHA
APROBADO	FECHA
ESCALA	REV
ESC	0 A0
PLANO N°	078M2-826-900
HOJA N°	1/1

PLANTA DE MOLINDE DE CARBON

VENTILADOR DE TIRO

APENDICE



Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling¹

This standard is issued under the fixed designation A 6/A 6M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This specification² covers a group of common requirements that, unless otherwise specified in the material specification, apply to rolled steel plates, shapes, sheet piling, and bars under each of the following specifications issued by ASTM:

ASTM Designation ³	Title of Specification
A 36/A 36M	Carbon Structural Steel
A 131/A 131M	Structural Steel for Ships
A 242/A 242M	High-Strength Low-Alloy Structural Steel
A 283/A 283M	Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates
A 328/A 328M	Steel Sheet Piling
A 514/A 514M	High-Yield Strength, Quenched and Tempered Alloy Steel Plate Suitable for Welding
A 529/A 529M	High-Strength Carbon-Manganese Steel of Structural Quality
A 572/A 572M	High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Steel
A 573/A 573M	Structural Carbon Steel Plates of Improved Toughness
A 588/A 588M	High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi (345 MPa) Minimum Yield Point to 4 in. [100 mm] Thick
A 633/A 633M	Normalized High-Strength Low-Alloy Structural Steel Plates
A 656/A 656M	Hot-Rolled Structural Steel, High-Strength Low-Alloy Plate with Improved Formability
A 678/A 678M	Quenched-and-Tempered Carbon and High-Strength Low-Alloy Structural Steel Plates
A 690/A 690M	High-Strength Low-Alloy Steel H-Piles and Sheet Piling for Use in Marine Environments
A 709/A 709M	Carbon and High-Strength Low-Alloy Structural Steel Shapes, Plates, and Bars and Quenched-and-Tempered Alloy Structural Steel Plates for Bridges
A 710/A 710M	Age-Hardening Low-Carbon Nickel-Copper-Chromium-Molybdenum-Columbium Alloy Structural Steel Plates
A 769/A 769M	Carbon and High-Strength Electric Resistance Welded Steel Structural Shapes
A 786/A 786M	Rolled Steel Floor Plates
A 808/A 808M	High-Strength Low-Alloy Carbon, Manganese, Columbium, Vanadium Steel of Structural Quality with Improved Notch Toughness
A 827/A 827M	Plates, Carbon Steel, for Forging and Similar Applications
A 829/A 829M	Plates, Alloy Steel, Structural Quality

A 830/A 830M	Plates, Carbon Steel, Structural Quality, Furnished to Chemical Composition Requirements
A 852/A 852M	Quenched and Tempered Low-Alloy Structural Steel Plate with 70 ksi [485 Mpa] Minimum Yield Strength to 4 in. [100 mm] Thick
A 857/A 857M	Steel Sheet Piling, Cold Formed, Light Gage
A 871/A 871M	High-Strength Low Alloy Structural Steel Plate with Atmospheric Corrosion Resistance
A 913/A 913M	Specification for High-Strength Low-Alloy Steel Shapes of Structural Quality, Produced by Quenching and Self-Tempering Process (QST)
A 945/A 945M	Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel Plate with Low Carbon and Restricted Sulfur for Improved Weldability, Formability, and Toughness
A 992/A 992M	Specification for Steel for Structural Shapes for Use in Building Framing

1.2 Annex A1 lists permitted variations in dimensions and mass (Note 1) in SI units. The values listed are not exact conversions of the values in Tables 1 to 31 inclusive but are, instead, rounded or rationalized values. Conformance to Annex A1 is mandatory when the “M” specification designation is used.

NOTE 1—The term “weight” is used when inch-pound units are the standard; however, under SI, the preferred term is “mass.”

1.3 Annex A2 lists the dimensions of some shape profiles.

1.4 Appendix X1 provides information on coiled product as a source of structural plates, shapes, sheet piling, and bars.

1.5 Appendix X2 provides information on the variability of tensile properties in plates and structural shapes.

1.6 Appendix X3 provides information on weldability.

1.7 Appendix X4 provides information on cold bending of plates, including suggested minimum inside radii for cold bending.

1.8 This specification also covers a group of supplementary requirements that are applicable to several of the above specifications as indicated therein. Such requirements are provided for use where additional testing or additional restrictions are required by the purchaser, and apply only when specified individually in the purchase order.

1.9 In case of any conflict in requirements, the requirements of the individual material specification shall prevail over those of this general specification.

1.10 Additional requirements that are specified in the purchase order and accepted by the supplier are permitted,

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.02 on Structural Steel for Bridges, Buildings, Rolling Stock, and Ships.

Current edition approved March 10, 2001. Published March 2001. Originally published as A 6 – 49 T. Last previous edition A 6/A 6M – 00A.

² For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications, see related Specification SA-6/SA-6M in Section II of that Code.

provided that such requirements do not negate any of the requirements of this general specification or the individual material specification.

1.11 For purposes of determining conformance with this specification and the various material specifications referenced in 1.1, values shall be rounded to the nearest unit in the right-hand place of figures used in expressing the limiting values in accordance with the rounding method of Practice E 29.

1.12 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system is to be used independently of the other, without combining values in any way.

1.13 This specification and the applicable material specifications are expressed in both inch-pound units and SI units; however, unless the order specifies the applicable "M" specification designation (SI units), the material shall be furnished to inch-pound units.

1.14 The text of this specification contains notes and/or footnotes that provide explanatory material. Such notes and footnotes, excluding those in tables and figures, do not contain any mandatory requirements.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products³
- A 673/A 673M Specification for Sampling Procedure for Impact Testing of Structural Steel⁴
- A 700 Practices for Packaging, Marking, and Loading Methods for Steel Products for Domestic Shipment⁵
- A 751 Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products³
- A 829 Specification for Plates, Alloy Steel, Structural Quality⁴
- E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications⁶
- E 112 Test Methods for Determining Average Grain Size⁷
- E 208 Test Method for Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels⁷

2.2 American Welding Society Standards:

- A5.1 Mild Steel Covered Arc-Welding Electrodes⁸
- A5.5 Low-Alloy Steel Covered Arc-Welding Electrodes⁸

2.3 U.S. Military Standards:

- MIL-STD-129 Marking for Shipment and Storage⁹
- MIL-STD-163 Steel Mill Products Preparation for Shipment and Storage⁹

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.04.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.05.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

⁷ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁸ Available from the American Welding Society, 550 N.W. LaJeune Rd., Miami, FL 33135.

⁹ Available from the procuring activity or as directed by the contracting office or from the Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094 Attn: NPODS.

2.4 U.S. Federal Standard:

Fed. Std. No. 123 Marking for Shipments (Civil Agencies)⁹

2.5 AIAG Standard:

B-1 Bar Code Symbology Standard¹⁰

3. Terminology

3.1 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.1.1 *Plates* (other than floor plates or coiled product)—Flat, hot-rolled steel, classified as follows:

3.1.1.1 When Ordered to Thickness:

(1) Over 8 in. [200 mm] in width and 0.230 in. or over [over 6 mm] in thickness.

(2) Over 48 in. [1200 mm] in width and 0.180 in. or over [over 4.5 mm] in thickness.

3.1.1.2 When Ordered to Weight [Mass]:

(1) Over 8 in. [200 mm] in width and 9.392 lb/ft² [47.10 kg/m²] or heavier.

(2) Over 48 in. [1200 mm] in width and 7.350 lb/ft² [35.32 kg/m²] or heavier.

3.1.1.3 Slabs, sheet bars, and skelp, though frequently falling in the foregoing size ranges, are not classed as plates.

3.1.1.4 Coiled product is excluded from qualification to individual material specifications governed by this specification until decoiled, leveled, cut to length, and, if required, properly tested by the processor in accordance with ASTM specification requirements (see 5.4.2 and the individual material specification).

3.1.2 Shapes (Flanged Sections):

3.1.2.1 *structural-size shapes*—rolled flanged sections having at least one dimension of the cross section 3 in. [75 mm] or greater. Structural shape size groupings used for tensile property classification are listed in Table A.

3.1.2.2 *bar-size shapes*—rolled flanged sections having a maximum dimension of the cross section less than 3 in. [75 mm].

3.1.2.3 "*W*" shapes—doubly-symmetric, wide-flange shapes with inside flange surfaces that are substantially parallel.

3.1.2.4 "*HP*" shapes—are wide-flange shapes generally used as bearing piles whose flanges and webs are of the same nominal thickness and whose depth and width are essentially the same.

3.1.2.5 "*S*" shapes—doubly-symmetric beam shapes with inside flange surfaces that have a slope of approximately 16⅔ %.

3.1.2.6 "*M*" shapes—doubly-symmetric shapes that cannot be classified as "W," "S," or "HP" shapes.

3.1.2.7 "*C*" shapes—channels with inside flange surfaces that have a slope of approximately 16⅔ %.

3.1.2.8 "*MC*" shapes—channels that cannot be classified as "C" shapes.

3.1.2.9 "*L*" shapes—shapes having equal-leg and unequal-leg angles.

¹⁰ Available from the Automotive Industry Action Group, 26200 Lahser Road, Suite 200, Southfield, MI 48034.

TABLE A Shape Size Groupings for Tensile Property Classification

NOTE 1—SI designations, from Annex A2, are shown in brackets. Tees cut from W, M, and S shapes fall within the same group as the shape from which they are cut.

Shape Type	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
W Shapes	W24 × 55 & 62 [W610 × 82& 92] W21 × 44 to 57 incl [W530 × 66 to 85 incl] W18 × 35 to 71 incl [W460 × 52 to 106 incl] W16 × 26 to 57 incl [W410 × 38.8 to 85 incl] W14 × 22 to 53 incl [W360 × 32.9 to 79 incl] W12 × 14 to 58 incl [W310 × 21.0 to 86 incl] W10 × 12 to 45 incl [W250 × 17.9 to 67 incl] W8 × 10 to 48 incl [W200 × 15.0 to 71 incl] W6 × 9 to 25 incl [W150 × 13.5 to 37.1 incl] W5 × 16 & 19 [W130 × 23.8& 28.1] W4 × 13 [W100 × 19.3]	W40 × 149 to 268 incl [W1000 × 222 to 399 incl] W36 × 135 to 210 incl [W920 × 201 to 313 incl] W33 × 118 to 152 incl [W840 × 176 to 226 incl] W30 × 90 to 211 incl [W760 × 134 to 314 incl] W27 × 84 to 178 incl [W690 × 125 to 263 incl] W24 × 68 to 162 incl [W610 × 101 to 241 incl] W21 × 62 to 147 incl [W530 × 92 to 219 incl] W18 × 76 to 143 incl [W460 × 113 to 213 incl] W16 × 67 to 100 incl [W410 × 100 to 149 incl] W14 × 61 to 132 incl [W360 × 91 to 196 incl] W12 × 65 to 106 incl [W310 × 97 to 158 incl] W10 × 49 to 112 incl [W250 × 73 to 167 incl] W8 × 58 & 67 [W200 × 86 & 100]	W40 × 277 to 328 incl [W1000 × 412 to 488 incl] W36 × 230 to 300 incl [W920 × 342 to 446 incl] W33 × 201 to 291 incl [W840 × 299 to 433 incl] W30 × 235 to 261 incl [W760 × 350 to 389 incl] W27 × 194 to 258 incl [W690 × 289 to 384 incl] W24 × 176 to 229 incl [W610 × 262 to 341 incl] W21 × 166 to 223 incl [W530 × 248 to 331 incl] W18 × 158 to 192 incl [W460 × 235 to 286 incl] W14 × 145 to 211 incl [W360 × 216 to 314 incl] W12 × 120 to 190 incl [W310 × 179 to 283 incl]	W40 × 362 to 655 incl [W1000 × 539 to 976 incl] W36 × 328 to 798 incl [W920 × 488 to 1188 incl] W33 × 318 to 619 incl [W920 × 473 to 922 incl] W30 × 292 to 581 incl [760 × 434 to 865 incl] W27 × 281 to 539 incl [W690 × 419 to 802 incl] W24 × 250 to 492 incl [W610 × 372 to 732 incl] W21 × 248 to 402 incl [W530 × 370 to 599 incl] W18 × 211 to 311 incl [W460 × 315 to 464 incl] W14 × 233 to 550 incl [W360 × 347 to 818 incl] W12 × 210 to 336 incl [W310 × 313 to 500 incl]	W36 × 920 [W920 × 1369] W14 × 605 to 873 incl [W360 × 900 to 1299 incl]
M Shapes	to 18.9 lb/ft, incl [to 28.1 kg/m, incl]				
S Shapes	to 35 lb/ft, incl [to 52 kg/m, incl]	over 35 lb/ft [over 52 kg/m]			
HP Shapes		to 102 lb/ft, incl [to 152 kg/m, incl]	over 102 lb/ft [over 152 kg/m]		
C Shapes	to 20.7 lb/ft, incl [to 30.8 kg/m, incl]	over 20.7 lb/ft [over 30.8 kg/m]			
MC Shapes	to 28.5 lb/ft, incl [to 42.4 kg/m, incl]	over 28.5 lb/ft [over 42.4 kg/m]			
L Shapes	to ½ in., incl [to 13 mm, incl]	over ½ to ¾ in., incl [over 13 to 19 mm, incl]	over ¾ in. [over 19 mm]		

3.1.3 *sheet piling*—rolled steel sections that are capable of being interlocked, forming a continuous wall when individual pieces are driven side by side.

3.1.4 *bars*—rounds, squares, and hexagons, of all sizes; flats 1³/₆₄ in. (0.203 in.) and over [over 5 mm] in specified thickness, not over 6 in. [150 mm] in specified width; and flats 0.230 in. and over [over 6 mm] in specified thickness, over 6 to 8 in. [150 to 200 mm] inclusive, in specified width.

3.1.5 *exclusive*—when used in relation to ranges, as for ranges of thickness in the tables of permissible variations in dimensions, is intended to exclude only the greater value of the range. Thus, a range from 60 to 72 in. [1500 to 1800 mm] exclusive includes 60 in. [1500 mm], but does not include 72 in. [1800 mm].

3.1.6 *rimmed steel*—steel containing sufficient oxygen to give a continuous evolution of carbon monoxide during solidification, resulting in a case or rim of metal virtually free of voids.

3.1.7 *semi-killed steel*—incompletely deoxidized steel containing sufficient oxygen to form enough carbon monoxide during solidification to offset solidification shrinkage.

3.1.8 *capped steel*—rimmed steel in which the rimming action is limited by an early capping operation. Capping is

carried out mechanically by using a heavy metal cap on a bottle-top mold or chemically by an addition of aluminum or ferrosilicon to the top of the molten steel in an open-top mold.

3.1.9 *killed steel*—steel deoxidized, either by addition of strong deoxidizing agents or by vacuum treatment, to reduce the oxygen content to such a level that no reaction occurs between carbon and oxygen during solidification.

3.1.10 *groupings for tensile property classification*—in some of the material specifications, the tensile property requirements vary for different sizes of shapes due to mass effect, etc. For the convenience of those using the specifications, the various sizes of shapes have been divided into groups based on section thickness at the standard tension test location (webs of beams, channels, and zees; legs of angles; and stems of tees). The material specifications designate shape sizes by reference to the group designations. The groupings are shown in Table A.

3.1.11 *mill edge*—the normal edge produced by rolling between horizontal finishing rolls. A mill edge does not conform to any definite contour. Mill edge plates have two mill edges and two trimmed edges.

3.1.12 *universal mill edge*—the normal edge produced by rolling between horizontal and vertical finishing rolls. Universal mill plates, sometimes designated UM Plates, have two



Standard Specification for Carbon Structural Steel¹

This standard is issued under the fixed designation A 36/A 36M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

^{ε1} NOTE—Table 2 was editorially corrected in September 1999.

1. Scope

1.1 This specification² covers carbon steel shapes, plates, and bars of structural quality for use in riveted, bolted, or welded construction of bridges and buildings, and for general structural purposes.

1.2 Supplementary requirements are provided for use where additional testing or additional restrictions are required by the purchaser. Such requirements apply only when specified in the purchase order.

1.3 When the steel is to be welded, a welding procedure suitable for the grade of steel and intended use or service is to be utilized. See Appendix X3 of Specification A 6/A 6M for information on weldability.

1.4 For Group 4 and 5 wide flange shapes for use in tension, it is recommended that the purchaser consider specifying supplementary requirements, such as fine austenitic grain size and Charpy V-Notch Impact testing.

1.5 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system is to be used independently of the other, without combining values in any way.

1.6 The text of this specification contains notes or footnotes, or both, that provide explanatory material. Such notes and footnotes, excluding those in tables and figures, do not contain any mandatory requirements.

1.7 For plates cut from coiled product, the additional requirements, including additional testing requirements and the reporting of additional test results, of A 6/A 6M apply.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 6/A 6M Specification for General Requirements for

Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling³

A 27/A 27M Specification for Steel Castings, Carbon, for General Application⁴

A 307 Specification for Carbon Steel Bolts and Studs 60 000 psi Tensile Strength⁵

A 325 Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength⁵

A 325M Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints [Metric]⁵

A 500 Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes⁶

A 501 Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing⁶

A 502 Specification for Steel Structural Rivets⁵

A 563 Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts⁵

A 563M Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]⁵

A 570/A 570M Specification for Steel, Sheet and Strip, Carbon, Hot-Rolled, Structural Quality⁷

A 668 Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use⁸

F 568M Specification for Carbon and Alloy Steel Externally Threaded Metric Fasteners⁵

3. Appurtenant Materials

3.1 When components of a steel structure are identified with this ASTM designation but the product form is not listed in the scope of this specification, the material shall conform to one of the standards listed in Table 1 unless otherwise specified by the purchaser.

4. General Requirements for Delivery

4.1 Material furnished under this specification shall conform to the requirements of the current edition of Specification A 6/A 6M, for the ordered material, unless a conflict exists in

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A-1 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys, and is the direct responsibility of Subcommittee A01.02 on Structural Steel for Bridges, Buildings, Rolling Stock, and Ships.

Current edition approved Nov. 10, 1997. Published April 1998. Originally published as A 36 – 60 T. Last previous edition A 36/A 36M – 97.

² For ASME Boiler and Pressure Vessel Code Applications, see related Specifications SA-36 in Section II of that Code.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.04.

⁴ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.02.

⁵ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 15.08.

⁶ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.01.

⁷ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.03.

⁸ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.05.

 **A 36/A 36M**

TABLE 1 Appurtenant Material Specifications

NOTE 1—The specifier should be satisfied of the suitability of these materials for the intended application. Composition and/or mechanical properties may be different than specified in A 36/A 36M.

Material	ASTM Designation
Steel rivets	A 502, Grade 1
Bolts	A 307, Grade A or F 568M, Class 4.6
High-strength bolts	A 325 or A 325M
Steel nuts	A 563 or A 563M
Cast steel	A 27/A 27M, Grade 65–35 [450–240]
Forgings (carbon steel)	A 668, Class D
Hot-rolled sheets and strip	A 570/A 570M, Grade 36
Cold-formed tubing	A 500, Grade B
Hot-formed tubing	A 501
Anchor bolts	F 1554

which case this specification shall prevail.

4.1.1 Coiled product is excluded from qualification to this specification until levelled and cut to length. Plates produced from coil means plates that have been cut to individual lengths from a coiled product and are furnished without heat treatment. The processor decoils, levels, cuts to length and marks the product. The processor is responsible for performing and certifying all tests, examinations, repairs, inspections or operations not intended to affect the properties of the material. For plates produced from coils, two test results shall be reported for each qualifying coil. See Note 1.

NOTE 1—Additional requirements regarding plate from coil are described in Specification A 6/A 6M.

5. Bearing Plates

5.1 Unless otherwise specified, plates used as bearing plates for bridges shall be subjected to mechanical tests and shall

conform to the tensile requirements of Section 8.

5.2 Unless otherwise specified, mechanical tests shall not be required for plates over 1½ in. [40 mm] in thickness used as bearing plates in structures other than bridges, subject to the requirement that they shall contain 0.20 to 0.33 % carbon by heat analysis, that the chemical composition shall conform to the requirements of Table 2 in phosphorus and sulfur content, and that a sufficient discard shall be made to secure sound plates.

6. Process

6.1 The steel shall be made by one or more of the following processes: open-hearth, basic-oxygen, or electric-furnace.

6.2 No rimmed or capped steel shall be used for plates and bars over ½ in. [12.5 mm] thick or for shapes other than Group 1.

7. Chemical Requirements

7.1 The heat analysis shall conform to the requirements prescribed in Table 2, except as specified in 5.2.

7.2 The steel shall conform on product analysis to the requirements prescribed in Table 2, subject to the product analysis tolerances in Specification A 6/A 6M.

8. Tensile Requirements

8.1 The material as represented by the test specimen, except as specified in 5.2 and 8.2, shall conform to the requirements as to the tensile properties prescribed in Table 3.

8.2 Shapes less than 1 in.²[645 mm²] in cross section and bars, other than flats, less than ½ in. [12.5 mm] in thickness or diameter need not be subjected to tension tests by the manufacturer, provided that the chemical composition used is appropriate for obtaining the tensile properties in Table 3.

TABLE 2 Chemical Requirements

NOTE 1—Where “...” appears in this table there is no requirement. The heat analysis for manganese shall be determined and reported as described in the heat analysis section of Specification A 6/A 6M.

Product	Shapes ^A	Plates ^B					Bars			
		To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2 ½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]	To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 4 [100], incl	Over 4 [100]
Thickness, in. [mm]	All									
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	...	0.60–0.90	0.60–0.90	0.60–0.90
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.40 max
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

^A Manganese content of 0.85–1.35 % and silicon content of 0.15–0.40 % is required for shapes over 426 lb/ft (634 kg/m).

^B For each reduction of 0.01 % below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 % manganese above the specified maximum will be permitted up to the maximum of 1.35 %.

TABLE 3 Tensile Requirements^A

Plates, Shapes, ^B and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] ^C
Plates and Bars ^{D,E} :	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 ^B

^A See Specimen Orientation under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

^B For wide flange shapes over 426 lb/ft [634 kg/m], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19 %, applies.

^C Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

^D Elongation not required to be determined for floor plate.

^E For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See elongation requirement adjustments under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

9. Keywords

9.1 bars; bolted construction; bridges; buildings; carbon; plates; riveted construction; shapes; steel; structural steel; welded construction

SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

These requirements shall not apply unless specified in the order.

Standardized supplementary requirements for use at the option of the purchaser are listed in Specification A 6/A 6M. Those that are considered suitable for use with this specification are listed by title:

S5. Charpy V-Notch Impact Test.

S14. Bend Test.

ADDITIONAL SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

In addition, the following optional supplementary requirements are also suitable for use with this specification.

S91. Fine Austenitic Grain Size

S91.1 The steel shall be killed and have a fine austenitic grain size.

S97. Limitation on Rimmed or Capped Steel

S97.1 The steel shall be other than rimmed or capped.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (<http://www.astm.org>).



Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless¹

This standard is issued under the fixed designation A 53/A 53M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This specification² covers seamless and welded black and hot-dipped galvanized steel pipe in NPS ½ to NPS 26 [DN 6 to DN 650] (Note 1), inclusive, with nominal wall thickness (Note 2) as given in Table X2.2 and Table X2.3. It shall be permissible to furnish pipe having other dimensions (Note 2) provided such pipe complies with all other requirements of this specification.

NOTE 1—The dimensionless designators NPS (nominal pipe size) [DN (diameter nominal)] have been substituted in this specification for such traditional terms as “nominal diameter,” “size,” and “nominal size.”

NOTE 2—The term nominal wall thickness has been assigned for the purpose of convenient designation, existing in name only, and is used to distinguish it from the actual wall thickness, which may vary over or under the nominal wall thickness.

1.2 This specification covers the following types and grades:

1.2.1 *Type F*—Furnace-butt welded, continuous welded Grade A,

1.2.2 *Type E*—Electric-resistance welded, Grades A and B, and

1.2.3 *Type S*—Seamless, Grades A and B.

NOTE 3—See Appendix X1 for definitions of types of pipe.

1.3 Pipe ordered under this specification is intended for mechanical and pressure applications and is also acceptable for ordinary uses in steam, water, gas, and air lines. It is suitable for welding, and suitable for forming operations involving coiling, bending, and flanging, subject to the following qualifications:

1.3.1 Type F is not intended for flanging.

1.3.2 When Types S and E are required for close coiling or cold bending, Grade A is the preferred grade. This provision is not intended to prohibit the cold bending of Grade B pipe.

1.3.3 Type E is furnished either nonexpanded or cold expanded at the option of the manufacturer.

1.4 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.5 The following precautionary caveat pertains only to the test method portion, Sections 9, 10, 11, 15, 16, and 17 of this specification: *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.6 The text of this specification contains notes or footnotes, or both, that provide explanatory material. Such notes and footnotes, excluding those in tables and figures, do not contain any mandatory requirements.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 90/A 90M Test Method for Weight [Mass] of Coating on

Iron or Steel Articles with Zinc or Zinc-Alloy Coatings³

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products^{4,5,6}

A 530/A 530M Specification for General Requirements for Specialized Carbon and Alloy Steel Pipe⁴

A 700 Practices for Packaging, Marking, and Loading Methods for Steel Products for Domestic Shipment⁶

A 751 Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products^{4,5,6}

A 865 Specification for Threaded Couplings, Steel, Black and Zinc-Coated (Galvanized) Welded or Seamless, for Use in Steel Pipe Joints⁴

B 6 Specification for Zinc⁷

E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications⁸

E 59 Practice for Sampling Steel and Iron for Determination

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A-1 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.09 on Carbon Steel Tubular Products.

Current edition approved Sept. 10, 1999. Published October 1999. Originally published as A 53 – 15. Last previous edition A 53 – 99a.

² For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications, see related Specification SA-53 in Section II of that code.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.06.

⁴ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.01.

⁵ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.03.

⁶ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.05.

⁷ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 02.04.

⁸ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 14.02.

of Chemical Composition⁹

E 213 Practice for Ultrasonic Examination of Metal Pipe and Tubing¹⁰

E 309 Practice for Eddy-Current Examination of Steel Tubular Products Using Magnetic Saturation¹⁰

E 570 Practice for Flux Leakage Examination of Ferromagnetic Steel Tubular Products¹⁰

2.2 ANSI Standards:

ASC X12¹¹

B1.20.1 Pipe Threads, General Purpose¹¹

2.3 ASME Standard:

B36.10 Welded and Seamless Wrought Steel Pipe¹²

2.4 Military Standards:

MIL-STD-129 Marking for Shipment and Storage¹³

MIL-STD-163 Steel Mill Products Preparation for Shipment and Storage¹³

2.5 Federal Standards:

Fed. Std. No. 123 Marking for Shipment (Civil Agencies)¹⁴

Fed. Std. No 183 Continuous Identification Marking of Iron and Steel Products¹⁴

2.6 API Standard:

5L Specification for Line Pipe¹⁵

3. Ordering Information

3.1 Information items to be considered, if appropriate, for inclusion in the purchase order are as follows:

3.1.1 Specification designation (A 53 or A 53M, including year of issue),

3.1.2 Quantity (feet, metres, or number of lengths),

3.1.3 Grade (see Table 1),

3.1.4 Type (see 1.2 and Table 2),

⁹ Discontinued 1996; Replaced by E 1806.

¹⁰ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.03.

¹¹ Available from American National Standards Institute, 11 West 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

¹² Available from ASME International, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990.

¹³ Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

¹⁴ Available from General Services Administration, Washington, DC 20405.

¹⁵ Available from American Petroleum Institute, 1220 L Street, Northwest, Washington, DC 20005-4070.

TABLE 2 Tensile Requirements

	Type F	Types E and S	
	Open-Hearth, Basic Oxygen, or Electric-Furnace, Grade A	Grade A	Grade B
Tensile strength, min, psi [MPa]	48 000 [330]	48 000 [330]	60 000 [415]
Yield strength, min, psi [MPa]	30 000 [205]	30 000 [205]	35 000 [240]
Elongation in 2 in. [50 mm]	A,B	A,B	A,B

^A The minimum elongation in 2 in. [50 mm] shall be that determined by the following equation:

$$e = 625\ 000 [1940] A^{0.2}/U^{0.9}$$

where:

e = minimum elongation in 2 in. [50 mm] in percent rounded to the nearest percent,

A = cross-sectional area of the tension specimen, rounded to the nearest 0.01 in.² [1 mm²], based on the specified outside diameter or the nominal specimen width and specified wall thickness. If the area calculated is equal to or greater than 0.75 in.² [500 mm²], then the value 0.75 in.² [500 mm²] shall be used, and

U = specified tensile strength, psi [MPa].

^B See Table X4.1 or Table X4.2, whichever is applicable, for minimum elongation values for various size tension specimens and grades.

3.1.5 Finish (black or galvanized),

3.1.6 Size (either nominal (NPS) [DN] and weight class or schedule number, or both; or outside diameter and nominal wall thickness, Table X2.2 and Table X2.3),

3.1.7 Length (specific or random, Section 18),

3.1.8 End finish (plain end or threaded, Section 13),

3.1.8.1 Threaded and coupled, if desired,

3.1.8.2 Threads only (no couplings), if desired,

3.1.8.3 Plain end, if desired,

3.1.8.4 Couplings power tight, if desired,

3.1.8.5 Taper tapped couplings for NPS 2 [DN 50] and smaller, if desired,

3.1.9 Close coiling, if required (see 8.2),

3.1.10 Skelp for tension tests, if permitted (see 17.2),

3.1.11 Certification (see Section 22),

3.1.12 End use of material,

3.1.13 Special requirements, and

TABLE 1 Chemical Requirements

	Composition, max. %								
	Carbon	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Copper ^A	Nickel ^A	Chromium ^A	Molybdenum ^A	Vanadium ^A
Type S (seamless pipe)									
Open-hearth, electric-furnace or basic-oxygen:									
Grade A	0.25	0.95	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Grade B	0.30	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Type E (electric-resistance-welded)									
Open-hearth, electric-furnace or basic-oxygen:									
Grade A	0.25	0.95	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Grade B	0.30	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Type F (furnace-welded pipe)									
Open-hearth, electric-furnace, or basic oxygen									
Grade A	0.30	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08

^A The combination of these five elements shall not exceed 1.00 %.

3.1.14 Selection of applicable level of preservation and packaging and level of packing required, if other than as specified or if MIL-STD-163 applies (see 21.2).

4. Materials and Manufacture

4.1 The steel for both seamless and welded pipe shall be made by one or more of the following processes: open-hearth, electric-furnace, or basic-oxygen.

4.2 When steels of different grades are sequentially strand cast, identification of the resultant transition material is required. The producer shall remove the transition material by any established procedure that positively separates the grades.

4.3 The weld seam of electric-resistance welded pipe in Grade B shall be heat treated after welding to a minimum of 1000°F [540°C] so that no untempered martensite remains, or otherwise processed in such a manner that no untempered martensite remains.

4.4 When pipe is cold expanded, the amount of expansion shall not exceed 1½ % of the outside diameter pipe size.

5. Chemical Composition

5.1 The steel shall conform to the requirements as to chemical composition in Table 1 and the chemical analysis shall be in accordance with Test Methods, Practices, and Terminology A 751.

6. Product Analysis

6.1 The purchaser is permitted to perform an analysis of two pipes from each lot of 500 lengths, or fraction thereof. Samples for chemical analysis, except for spectrographic analysis, shall be taken in accordance with Method E 59. The chemical composition thus determined shall conform to the requirements specified in Table 1.

6.2 If the analysis of either pipe does not conform to the requirements specified in Table 1, analyses shall be made on additional pipes of double the original number from the same lot, each of which shall conform to the requirements specified.

7. Tensile Requirements

7.1 The material shall conform to the requirements as to tensile properties prescribed in Table 2.

7.2 The yield strength corresponding to a permanent offset of 0.2 % of the gage length of the specimen or to a total extension of 0.5 % of the gage length under load shall be determined.

7.3 The test specimen taken across the weld shall show a tensile strength not less than the minimum tensile strength specified for the grade of pipe ordered. This test will not be required for pipe under NPS 8 [DN 200].

7.4 Transverse tension test specimens for electric-welded pipe NPS 8 [DN 200] and larger shall be taken opposite the weld. All transverse test specimens shall be approximately 1½ in. [40 mm] wide in the gage length, and shall represent the full wall thickness of the pipe from which the specimen was cut. This test is required for NPS 8 [DN 200] and larger.

8. Bending Requirements

8.1 For pipe NPS 2 [DN 50] and under, a sufficient length of pipe shall be capable of being bent cold through 90° around a

cylindrical mandrel, the diameter of which is twelve times the outside diameter of the pipe, without developing cracks at any portion and without opening the weld.

8.2 When ordered for close coiling, the pipe shall stand being bent cold through 180° around a cylindrical mandrel, the diameter of which is eight times the outside diameter of the pipe, without failure.

8.3 Double-extra-strong pipe over NPS 1¼ [DN 32] need not be subjected to the bend test.

9. Flattening Test

9.1 The flattening test shall be made on pipe over NPS 2 [DN 50] with all thicknesses extra strong and lighter.

9.2 Seamless Pipe:

9.2.1 For seamless pipe, a test specimen at least 2½ in. [60 mm] in length shall be flattened cold between parallel plates in two steps. During the first step, which is a test for ductility, no cracks or breaks on the inside, outside, or end surfaces, except as provided for in 9.7, shall occur until the distance between the plates is less than the value of H calculated as follows:

$$H = (1 + e)t(e + t/D)$$

where:

H = distance between flattening plates, in. [mm] (Note 4),

e = deformation per unit length (constant for a given grade of steel, 0.09 for Grade A, and 0.07 for Grade B),

t = nominal wall thickness, in. [mm], and

D = specified outside diameter, in. [mm]

9.2.2 During the second step, which is a test for soundness, the flattening shall be continued until the test specimen breaks or the opposite sides of the pipe meet. Evidence of laminated or unsound material that is revealed during the entire flattening test shall be cause for rejection.

NOTE 4—The H values have been calculated for standard and extra-heavy weight sizes from NPS 2½ to NPS 24 [DN 65 to DN 600], inclusive, and are shown in Table X2.1.

9.3 *Electric-Resistance-Welded Pipe*— A test specimen at least 4 in. [100 mm] in length shall be flattened cold between parallel plates in three steps, with the weld located either 0° or 90° from the line of direction of force as required in 9.3.1 or 9.3.2, whichever is applicable. During the first step, which is a test for ductility of the weld, no cracks or breaks on the inside or outside surfaces shall occur until the distance between the plates is less than two thirds of the original outside diameter of the pipe. As a second step, the flattening shall be continued. During the second step, which is a test for ductility exclusive of the weld, no cracks or breaks on the inside or outside surfaces, except as provided for in 9.7, shall occur until the distance between the plates is less than one third of the original outside diameter of the pipe but is not less than five times the wall thickness of the pipe. During the third step, which is a test for soundness, the flattening shall be continued until the test specimen breaks or the opposite walls of the pipe meet. Evidence of laminated or unsound material or of incomplete weld that is revealed during the entire flattening test shall be cause for rejection.

9.3.1 For pipe produced in single lengths, the flattening test specified in 9.3 shall be made using a test specimen taken from



Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60 000 PSI Tensile Strength¹

This standard is issued under the fixed designation A 307; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope *

1.1 This specification² covers the chemical and mechanical requirements of three grades of carbon steel bolts and studs in sizes ¼in. (6.35 mm) through 4 in. (104 mm). The fasteners are designated by “Grade” denoting tensile strength and intended use, as follows:

Grade	Description
Grade A	Bolts and studs having a minimum tensile strength of 60 ksi (414 MPa) and intended for general applications,
Grade B	Bolts and studs having a tensile strength of 60 to 100 ksi (414 to 690 MPa) and intended for flanged joints in piping systems with cast iron flanges, and
Grade C	Nonheaded anchor bolts, either bent or straight, having properties conforming to Specification A 36 (tensile strength of 58 to 80 ksi (400 to 550 MPa)) and intended for structural anchorage purposes.

1.1.1 The term *studs* includes stud stock, sometimes referred to as *threaded rod*.

1.2 This specification does not cover requirements for machine screws, thread cutting/forming screws, mechanical expansion anchors or similar externally threaded fasteners.

1.3 Suitable nuts are covered in Specification A 563. Unless otherwise specified, the grade and style of nut for each grade of fastener, of all surface finishes, shall be as follows:

Fastener Grade and Size	Nut Grade and Style ⁴
A, C, ¼ to 1½in.	A, hex
A, C, over 1½ to 4 in.	A, heavy hex
B, ¼ to 4 in.	A, heavy hex

⁴ Nuts of other grades and styles having specified proof load stresses (Specification A 563, Table 3) greater than the specified grade and style of nut are also suitable.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee F-16 on Fasteners and is the direct responsibility of Subcommittee F16.02 on Steel Bolts, Nuts, Rivets, and Washers.

Current edition approved Dec. 10, 1997. Published June 1998. Originally published as A 307 – 47 T. Last previous edition A 307 – 94.

² For *ASME Boiler and Pressure Vessel Code* applications see related Specification SA-307 in Section II of that Code.

1.4 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.5 Supplementary Requirement S1 of an optional nature is provided, which describes additional restrictions to be applied when bolts are to be welded. It shall apply only when specified in the inquiry, order, and contract.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- A 36/A 36M Specification for Carbon Structural Steel³
- A 153 Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware⁴
- A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products⁵
- A 563 Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts⁶
- A 706/A706M Specification for Low-Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement³
- A 751 Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products⁵
- B 695 Specification for Coatings of Zinc Mechanically Deposited on Iron and Steel⁷
- D 3951 Practice for Commercial Packaging⁸
- F 606 Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washers, and Rivets⁶
- F 1470 Guide for Fastener Sampling for Specified Mechanical Properties and Performance Inspection⁶

2.2 ANSI/ASME Standards:

- B 1.1 Unified Screw Threads⁹
- B 18.2.1 Square and Hex Bolts and Screws⁹

2.3 Military Standard:

- MIL-STD 105 Single Sampling Plan for Normal Inspection¹⁰

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.04.

⁴ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.06.

⁵ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.03.

⁶ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 15.08.

⁷ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 02.05.

⁸ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 15.09.

⁹ Available from American National Standards Institute, 11 West 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

¹⁰ Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

3. Ordering Information

3.1 Orders for externally threaded fasteners (including nuts and accessories) under this specification shall include the following:

- 3.1.1 ASTM designation and year of issue,
- 3.1.2 Name of product, bolts or studs; and bolt head style, that is, hex or heavy hex,
- 3.1.3 Grade, that is, A, or B, or C. If no grade is specified, Grade A is furnished.
- 3.1.4 Quantities (number of pieces by size including nuts),
- 3.1.5 Fastener size and length,
- 3.1.6 Washers—Quantity and size (separate from bolts),
- 3.1.7 Zinc Coating—Specify the zinc-coating process required for example, hot-dip, mechanically deposited or no preference (see 4.5).
- 3.1.8 Other Finishes—Specify other protective finish, if required.
- 3.1.9 Specify if inspection at point of manufacture is required,
- 3.1.10 Specify if certified test report is required (see 8.2), and
- 3.1.11 Specify additional testing (8.3) or special requirements.

4. Materials and Manufacture

- 4.1 Steel for bolts and studs shall be made by the open-hearth, basic-oxygen, or electric-furnace process.
- 4.2 Bolts shall be produced by hot or cold forging of the heads or machining from bar stock.
- 4.3 Heat Treatment:
 - 4.3.1 Cold headed fasteners with head configurations other than hex shall be stress relief annealed.
 - 4.3.2 Stress relieving of hex head fasteners shall be at the manufacturer's option.
- 4.4 Bolt and stud threads shall be rolled or cut.
- 4.5 Zinc Coatings, Hot-Dip and Mechanically Deposited:
 - 4.5.1 When zinc-coated fasteners are required, the purchaser shall specify the zinc-coating process, for example hot dip, mechanically deposited, or no preference.
 - 4.5.2 When hot-dip is specified, the fasteners shall be zinc-coated by the hot-dip process in accordance with the requirements of Class C of Specification A 153.
 - 4.5.3 When mechanically deposited is specified, the fasteners shall be zinc-coated by the mechanical-deposition process in accordance with the requirements of Class 50 of Specification B 695.

4.5.4 When no preference is specified, the supplier may furnish either a hot-dip zinc coating in accordance with Specification A 153, Class C or a mechanically deposited zinc coating in accordance with Specification B 695, Class 50. Threaded components (bolts and nuts) shall be coated by the same zinc-coating process and the supplier's option is limited to one process per item with no mixed processes in a lot.

5. Chemical Composition

5.1 Grade A and B bolts and studs shall have a heat analysis conforming to the requirements specified in Table 1 based on the steel producer's heat analysis.

5.2 The purchaser shall have the option of conducting

TABLE 1 Chemical Requirements for Grades A and B Bolts and Studs

	Heat Analysis		Product Analysis	
	min	max	min	max
Carbon, max	0.29		0.33	
Manganese, max	0.90		0.93	
Phosphorus, max	0.04		0.041	
Sulfur, max				
Grade A	0.15		^	
Grade B	0.05		0.051	

^ Resulfurized steel is not subject to rejection based on product analysis for sulfur.

product analyses on finished bolts in each lot, which shall conform to the product analysis specified in Table 1.

5.3 In case of conflict or for referee purposes, the product analysis shall take precedence.

5.4 Bolts and studs are customarily furnished from stock, in which case individual heats of steel cannot be identified.

5.5 Application of heats of steel to which bismuth, selenium, tellurium, or lead has been intentionally added shall not be permitted for Grade B bolts and studs.

5.6 Chemical analyses shall be performed in accordance with Test Methods, Practices, and Terminology A 751.

6. Mechanical Properties

6.1 Grades A and B bolts and studs shall conform to the hardness specified in Table 2.

6.2 Grade A and B bolts and studs 1½ in. in diameter or less, other than those excepted in 6.4, shall be tested full size and shall conform to the requirements for tensile strength specified in Table 3.

6.3 Grade A and B bolts and studs larger than 1½ in. in diameter, other than those excepted in 6.4, shall preferably be tested full size and when equipment of sufficient capacity is available and shall conform to the requirements for tensile strength specified in Table 3. When equipment of sufficient capacity for full-size bolt testing is not available, or when the length of the bolt makes full-size testing impractical, machined specimens shall be tested and shall conform to the requirements specified in Table 4.

6.4 Grades A and B bolts and studs less than three diameters in length or bolts with drilled or undersize heads are not subject to tensile tests.

6.5 Grade C nonheaded anchor bolts shall be tested using machined specimens and shall conform to the tensile properties specified for bars in Specification A 36. Properties are shown in Table 4 for information. In the event of conflict Specification A 36 shall control.

TABLE 2 Hardness Requirements for Bolts and Studs

Grade	Length, in. 0	Hardness ^A			
		Brinell		Rockwell B	
		min	max	min	max
A	Less than 3 × dia ^B	121	241	69	100
	3 × dia and longer	...	241	...	100
B	Less than 3 × dia ^B	121	212	69	95
	3 × dia and longer	...	212	...	95
C	All	No hardness required			

^A As measured anywhere on the surface or through the cross section.

^B Also bolts with drilled or undersize heads. These sizes and bolts with modified heads shall meet the minimum and maximum hardness as hardness is the only requirement.

TABLE 3 Tensile Requirements for Full-Size Bolts and Studs

Bolt Size, in.	Threads per inch	Stress Area, ^A in. ²	Tensile Strength, lbf ^B		
			Grade A, min ^C	Grade B	
				min ^D	max ^D
¼	20	0.0318	1 900	1 900	3 180
⅜	18	0.0524	3 100	3 100	5 240
½	16	0.0775	4 650	4 650	7 750
⅝	14	0.1063	6 350	6 350	10 630
¾	13	0.1419	8 500	8 500	14 190
⅞	12	0.182	11 000	11 000	18 200
1	11	0.226	13 550	13 550	22 600
1 ¼	10	0.334	20 050	20 050	33 400
1 ½	9	0.462	27 700	27 700	46 200
1 ¾	8	0.606	36 350	36 350	60 600
2	7	0.763	45 800	45 800	76 300
2 ¼	7	0.969	58 150	58 150	96 900
2 ½	6	1.155	69 300	69 300	115 500
2 ¾	6	1.405	84 300	84 300	140 500
3	5	1.90	114 000	114 000	190 000
3 ¼	4½	2.50	150 000	150 000	250 000
3 ½	4½	3.25	195 000	195 000	325 000
3 ¾	4	4.00	240 000	240 000	400 000
4	4	4.93	295 800	295 800	493 000
4 ¼	4	5.97	358 200	358 200	597 000
4 ½	4	7.10	426 000	426 000	710 000
4 ¾	4	8.33	499 800	499 800	833 000
5	4	9.66	579 600	579 600	966 000
5 ¼	4	11.08	664 800	664 800	1 108 000

^A Area calculated from the equation:

$$A_s = 0.7854 [D - (0.9743/n)]^2$$

where:

A_s = stress area,
 D = nominal diameter of bolt, and
 n = threads per inch.

^B 1 lbf = 4.448 N.

^C Based on 60 ksi (414 MPa).

^D Based on 60–100 ksi (414–690 MPa).

TABLE 4 Tensile Requirements for Machined Specimens

	Grade A	Grade B	Grade C
Tensile strength, ksi (MPa)	60 (415) min	60–100 (415–690)	58–80 (400–550)
Yield point, min ksi (MPa)	36 (50)
Elongation in 2 in. (50 mm), min, %	18	18	23

6.6 In the event that bolts are tested by both full size and by machine test specimen methods, the full-size test shall govern if a controversy between the two methods exists.

6.7 For bolts and studs on which both hardness and tension tests are performed, acceptance based on tensile requirements shall take precedence in the event that there is controversy over low readings of hardness tests.

7. Dimensions

7.1 Unless otherwise specified, threads shall be the Coarse Thread Series as specified in the latest issue of ANSI/ASME B1.1, and shall have a Class 2A tolerance.

7.2 Unless otherwise specified, Grade A bolts shall be hex bolts with dimensions as given in the latest issue of ANSI/

ASME B18.2.1. Unless otherwise specified, Grade B bolts shall be heavy hex bolts with dimensions as given in the latest issue of ANSI/ASME B18.2.1.

7.3 Unless otherwise specified, bolts and studs to be used with nuts or tapped holes which have been tapped oversize, in accordance with Specification A 563, shall have Class 2A threads before hot-dip or mechanically deposited zinc coating. After zinc coating the maximum limit of pitch and major diameter shall not exceed the Class 2A maximum limit by more than the following amounts:

Diameter, in.	Oversize Limit, in. (mm) ^A
¼	0.016
⅜, ½	0.017
⅝, ¾	0.018
¾ to 1 in.	0.020
1 in.	0.022
1.0 to 1¼ in.	0.024
1¼, 1½	0.027
1½ to 4.0 in.	0.050

^A These values are the same as the overtapping required for zinc-coated nuts in Specification A 563.

7.4 The gaging limit for bolts and studs shall be verified during manufacture or use by assembly of a nut tapped as nearly as practical to the amount oversize shown above. In case of dispute, a calibrated thread ring gage of that same size (Class X tolerance, gage tolerance plus) shall be used. Assembly of the gage, or the nut described above, must be possible with hand effort following application of light machine oil to prevent galling and damage to the gage. These inspections, when performed to resolve disputes, shall be performed at the frequency and quality described in Table 5.

8. Number of Tests and Retests

8.1 The requirements of this specification shall be met in continuous mass production for stock, and the manufacturer shall make sample inspections to ensure that the product conforms to the specified requirements. Additional tests of individual shipments of material are not ordinarily contemplated. Individual heats of steel are not identified in the finished product.

8.2 When specified in the order, the manufacturer shall furnish a test report certified to be the last completed set of mechanical tests for each stock size in each shipment.

8.3 When additional tests are specified on the purchase order, a lot, for purposes of selecting test samples, shall consist of all material offered for inspection at one time that has the following common characteristics:

TABLE 5 Sample Sizes and Acceptance Numbers for Inspection of Hot-Dip or Mechanically Deposited Zinc-Coated Threads

Lot Size	Sample Size ^{A,B}	Acceptance Number ^A
2 to 90	13	1
91 to 150	20	2
151 to 280	32	3
281 to 500	50	5
501 to 1 200	80	7
1 201 to 3 200	125	10
3 201 to 10 000	200	14
10 001 and over	315	21

^A Sample sizes of acceptance numbers are extracted from "Single Sampling Plan for Normal Inspection," Table IIA, MIL-STD-105.

^B Inspect all bolts in the lot if the lot size is less than the sample size.

- 8.3.1 One type of item,
- 8.3.2 One nominal size, and
- 8.3.3 One nominal length of bolts and studs.

8.4 From each lot, the number of tests for each requirement shall be as follows:

Number of Pieces in Lot	Number of Samples
800 and under	1
801 to 8 000	2
8 001 to 22 000	3
Over 22 000	5

8.5 If any machined test specimen shows defective machining it shall be discarded and another specimen substituted.

8.6 Should any sample fail to meet the requirements of a specified test, double the number of samples from the same lot shall be tested, in which case all of the additional samples shall meet the specification.

9. Test Methods

9.1 Grades A and B bolts and studs shall be tested in accordance with Test Methods F 606.

9.2 Grade C nonheaded anchor bolts shall have machined specimen tension tests made on the bolt body or on the bar stock used for making the anchor bolts. Tests on finished anchor bolts shall be made in accordance with Test Methods F 606 and tests on bar stock in accordance with Specification A 36 and Test Methods A 370.

9.3 Standard square and hex head bolts only shall be tested by the wedge tension method except as noted in 6.4. Fracture shall be in the body or threads of the bolt without any fracture at the junction of the head and body. Other headed bolts shall be tested by the axial tension method.

9.4 Speed of testing as determined with a free running crosshead shall be a maximum of 1 in. (25.4 mm)/min for the tensile strength tests of bolts.

10. Inspection

10.1 If the inspection described in 10.2 is required by the purchaser it shall be specified in the inquiry, order, or contract.

10.2 The inspector representing the purchaser shall have free entry to all parts of the manufacturer's works that concern the manufacture of the material ordered. The manufacturer shall afford the inspector all reasonable facilities to satisfy him that the material is being furnished in accordance with this specification. All tests and inspections required by the specification that are requested by the purchaser's representative shall be made before shipment, and shall be conducted as not to interfere unnecessarily with the operation of the works.

11. Responsibility

11.1 The party responsible for the fastener shall be the organization that supplies the fastener to the purchaser and certifies that the fastener was manufactured, sampled, tested and inspected in accordance with this specification and meets all of its requirements.

12. Rejection and Rehearing

12.1 Disposition of nonconforming lots shall be in accordance with Guide F 1470, specifically sections on disposition of nonconforming lots, suppliers option, and purchasers option.

13. Product Marking

13.1 *Grades A and B Bolts and Studs:*

13.1.1 Bolt heads and one end of studs shall be marked with a unique identifier by the manufacturer to identify the manufacturer or private label distributor, as appropriate. Additional marking required by the manufacturer for his own use shall be at the option of the manufacturer.

13.1.2 In addition to the requirements of 13.1, all bolt heads, one end of studs $\frac{3}{8}$ in. and larger, and whenever feasible studs less than $\frac{3}{8}$ in. shall be marked with a grade marking as follows:

Grade	Marking
A	307A
B	307B

13.1.3 All markings shall be located on the top of the bolt head or stud end and shall be raised or depressed at the option of the manufacturer.

13.2 *Grade C Anchor Bolts:*

13.2.1 The end of Grade C anchor bolts intended to project from the concrete shall be color coded green.

13.2.2 When permanent marking of manufacturer's identification and grade identification is required, Supplementary Requirements S2 and S3 shall be specified.

13.3 Grade and manufacturer's or private label distributor's identification shall be separate and distinct. The two identifications shall preferably be in different locations and, when on the same level, shall be separated by at least two spaces.

14. Packaging and Package Marking

14.1 *Packaging:*

14.1.1 Unless otherwise specified, packaging shall be in accordance with Practice D 3951.

14.1.2 When special packaging requirements are required, they shall be defined at the time of the inquiry and order.

14.2 *Package Marking:*

14.2.1 Each shipping unit shall include or be plainly marked with the following information:

14.2.1.1 ASTM designation and grade,

14.2.1.2 Size,

14.2.1.3 Name and brand or trademark of the manufacturer,

14.2.1.4 Number of pieces,

14.2.1.5 Purchase order number,

14.2.1.6 Country of origin.

15. Keywords

15.1 bolts; carbon steel; steel; studs

SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

The following supplementary requirement shall apply only when specified in the purchase order or contract:

S1. Bolts Suitable for Welding

S1.1 The material described in this section is intended for welding. This supplemental section, by additional chemical composition restrictions and by a carbon equivalent formula, provides assurance of weldability by chemical composition control.

S1.2 Welding technique is of fundamental importance when bolts produced to this supplementary section are welded. It is presupposed that suitable welding procedures for the steel being welded and the intended service will be selected.

S1.3 All of the requirements of this supplemental section apply in addition to all of the chemical, mechanical, and other requirements of the base specification, Specification A 307 for Grade B.

S1.4 Because of the embrittling effects of welding temperatures on cold-forged steel, this supplemental section is limited to hot-forged bolts, or, if not forged, then to bolts produced from hot-rolled bars without forging or threaded bars, bars studs, or stud bolts produced from hot-rolled bars without forging. Cold-forged bolts, or cold-drawn threaded bars, if they are given a thermal treatment by heating to a temperature of not less than 1500°F (815°C) and air-cooled are also suitable.

S1.5 Chemical Requirements:

S1.5.1 *Heat Chemical Analysis*—Material conforming to the following additional analysis limitations shall be used to manufacture the product described in this supplementary requirement.

Carbon	0.30 %, max
Manganese	1.00 %, max
Phosphorus	0.04 %, max
Sulfur	0.05 %, max
Silicon	0.50 %, max

S1.5.2 *Carbon Equivalent (Source—Specification A 706/A 706M)*—In addition to the heat chemical analysis

requirements in S1.5.1, the heat analysis shall be such as to provide a carbon equivalent (CE) not exceeding 0.55 when calculated as follows:

$$CE = \% C +$$

$$\frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$$

S1.6 *Analysis Reports*—If requested on the order or contract, the chemical composition of each heat of steel used and the calculated carbon equivalent for each heat shall be reported to the purchaser.

S1.7 *Product (Check) Verification Analysis*—Chemical analyses when made by the purchaser or a representative on bolts from each heat of steel, shall not exceed the values specified in S1.5.2 by more than the following amounts:

	%
Carbon	+0.03
Manganese	+0.06
Phosphorus	+0.008
Sulfur	+0.008
Silicon	+0.05

S2. Permanent Manufacturer's Identification

S2.1 The end of the anchor bolt intended to project from the concrete shall be steel die stamped with the manufacturer's identification.

NOTE —For marking small sizes, customarily less than 3/8 in., consult the anchor bolt manufacturer for the minimum size capable of being marked.

S3. Permanent Grade Identification

S3.1 The end of the anchor bolt intended to project from the concrete shall be steel die stamped with the Grade identification "307C".

S3.2 The requirements in S2.1 for marking small sizes shall also apply to Supplementary Requirement S3.

SUMMARY OF CHANGES

This section identifies the location of selected changes to this standard that have been incorporated since the -94 issue. For the convenience of the user, Committee F-16 has highlighted those changes that impact the use of this standard. This section may also include descriptions of the changes or reasons for the changes, or both.

(1) In the following paragraphs, nonmandatory wording such as "may" and "may be" or other vague requirements, have been changed to wording such as "shall be" or reworded to state the requirement in a mandatory manner to satisfy request to use

mandatory statements. Paragraphs changed are 4.2, 4.3.2, 4.4, 4.5.4, 6.3, 7.3, 8.5, 12.1, 13.1.1, 13.1.3, 13.2.2, S1.7, and S2.1. (2) In Table 1, added requirements for carbon and manganese.

 **A 307**

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

Designation: A 325M – 97 METRIC

An American National Standard

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428
Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright ASTM

Standard Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints [Metric]¹

This standard is issued under the fixed designation A 325M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This specification² covers requirements of various types of quenched and tempered steel bolts in nominal thread diameters M16 to M36 inclusive, commonly known as “high-strength structural bolts,” intended for use in structural joints that are comparable to those made under the Specifications for Structural Joints Using ASTM A 325 or A 490 Bolts,³ issued by the Research Council on Structural Connections of the Engineering Foundation. Types of bolts covered in this specification are:

1.1.1 *Type 1*—Bolts made of medium-carbon steel.

1.1.2 *Type 2*—Bolts made from what is generally described as low-carbon martensite steel.

1.1.3 *Type 3*—Bolts made of steel having atmospheric corrosion resistance and weathering characteristics comparable to that of the steel covered in Specifications A 588/A 588M, A 242/A A 242M, and A 709/A 709M. The atmospheric corrosion resistance of these steels is substantially better than that of carbon steel with or without copper addition (see 5.3). When properly exposed to the atmosphere, these steels can be used bare (uncoated) for many applications.

1.2 This specification provides that heavy hex structural bolts shall be furnished unless other dimensional requirements are stipulated in the purchase inquiry and order.

1.3 Unless otherwise specified, all nuts used on these bolts shall conform to the requirements of Specification A 563M shall be heavy hex, and shall be of the class and surface finish for each type of bolt as follows:

Bolt Type and Finish	Nut Class and Finish
1 and 2, plain (noncoated)	8S or 8S3, plain
1 and 2, zinc-coated	10S, zinc-coated
3, plain	8S3, plain

1.4 Unless otherwise specified, all washers used on these bolts shall conform to the requirements of Specification

F 436M and shall be of a surface finish for each type of bolt as follows:

Bolt Type and Finish	Washer Finish
1 and 2, plain (uncoated)	plain (uncoated)
1 and 2, zinc-coated	zinc-coated
3, plain	weathering steel, plain

NOTE 1—This specification is the metric companion to Specification A 325.

1.5 Zinc-coated bolts and nuts shall be shipped in the same container.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 242/A242M Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel⁴

A 325 Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength⁵

A 490 Specification for Heat-Treated Steel Structural Bolts, 150 ksi Minimum Tensile Strength⁵

A 563M Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]⁵

A 588/A588M Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point to 4 in. [100 mm] Thick⁴

A 709/A709M Specification for Structural Steel for Bridges⁴

A 751 Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products⁶

D 3951 Practice for Commercial Packaging⁷

F 436M Specification for Hardened Steel Washers [Metric]⁵

F 568 Specification for Carbon and Alloy Steel Externally Threaded Metric Fasteners⁵

F 606 Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washers, and Rivets⁵

F 788/F788M Specification for Surface Discontinuities of Bolts, Screws, and Studs, Inch and Metric Series⁵

G 101 Guide for Estimating the Atmospheric Corrosion

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee F-16 on Fasteners and is the direct responsibility of Subcommittee F16.02 on Steel Bolts, Nuts, Rivets, and Washers.

Current edition approved Oct. 10, 1997. Published June 1998. Originally published as A 325M – 79. Last previous edition A 325M – 93.

² For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications see related Specification SA-325M in Section II of that Code.

³ Published by American Institute of Steel Construction, Wrigley Building, 400 N. Michigan Ave., Chicago, IL 60611.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.04.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.08.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

⁷ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.09.

A 325M

Resistance of Low-Alloy Steels⁸

2.2 ANSI Standards:⁹

ANSI B 1.13M Metric Screw Threads

ANSI B 18.2.3.7M Metric Heavy Hex Structural Bolts

ANSI B 18.2.4.6M Metric Heavy Hex Nuts

2.3 Military Standard:¹⁰

MIL-STD-105 Sampling Procedure and Tables for Inspection by Attributes

3. Ordering Information

3.1 Orders for products under this specification shall include the following:

3.1.1 Quantity (number of pieces of bolts and accessories).

3.1.2 Name of products, including accessories such as nuts and washers when desired.

3.1.3 *Zinc Coating*—Specify the zinc-coating process required, for example, hot-dip, mechanically deposited, or no preference (see 4.1).

3.1.4 *Other Finishes*—Specify other protective finish if required.

3.1.5 Dimensions including nominal bolt diameter, thread pitch, and length. For bolts of dimensional requirements other than heavy hex structural bolts (see 1.2), it is normally necessary to specify grip length.

3.1.6 Type of bolt (that is, Type 1, 2, or 3).

3.1.6.1 When the bolt type is not specified, either Type 1 or Type 2 may be supplied at the option of the manufacturer. Type 3 bolts may be supplied by the manufacturer if agreed upon by the purchaser.

3.1.6.2 Where elevated temperature applications are involved, Type 1 bolts shall be specified by the purchaser.

3.1.6.3 When atmospheric corrosion resistance is required, Type 3 bolts shall be specified by the purchaser.

3.1.6.4 When zinc-coated high-strength structural bolts are specified, the bolts shall be either Types 1 or 2, at the manufacturer's option, unless otherwise ordered by the purchaser.

3.1.7 ASTM designation and year of issue.

3.1.8 Any special requirements.

NOTE 2—Two examples of ordering descriptions follow: (1) 1000 pieces, heavy hex structural bolts, each with one hardened washer and one heavy hex nut, hot-dip zinc-coated, M 24 × 3 × 100, ASTM A 325M – XX. (2) 1000 pieces, heavy hex structural bolts, no nuts or washers, M 20 × 2.5 × 80 Type 3, ASTM A 325M – XX.

4. Materials and Manufacture

4.1 Steel for bolts, and the heading, threading, heat treatment and zinc-coating of bolts shall be in accordance with requirements specified for classes 8.8 and 8.8.3 bolts in Specification F 568.

5. Chemical Composition

5.1 Type 1 bolts shall conform to the chemical composition requirements specified for medium carbon steel class 8.8 bolts

in Specification F 568.

5.2 Type 2 bolts shall conform to the chemical composition requirements specified for low-carbon martensite steel class 8.8 bolts in Specification F 568.

5.3 Type 3 bolts shall conform to the chemical composition requirements specified for Class 8.8.3 bolts in Specification F 568. See Guide G 101 for methods of estimating the atmospheric corrosion resistance of low alloy steels.

5.4 Chemical analyses shall be performed in accordance with Test Methods A 751.

6. Mechanical Properties

6.1 Bolts shall meet the mechanical requirements specified for classes 8.8 and 8.8.3 bolts in Specification F 568. For information purposes only, the mechanical properties of bolts are given in Appendix XI.

6.2 In addition, when zinc-coated bolts and nuts are supplied, the bolt/nut assembly shall be tested full size in an assembled joint as specified in 9.2. After initial tightening, the nut shall be capable of being turned through the following rotation with respect to the bolt without producing bolt or nut failure:

Bolt Length ^A	Nut Rotation, °
Up to and incl 4D	300
Over 4D to 8D	360
Over 8D	420

^A D is nominal bolt diameter.

7. Dimensions

7.1 Bolts with hex heads shall be full-body bolts conforming to the dimensions for heavy hex structural bolts specified in ANSI B 18.2.3.7M.

7.2 Threads shall be Metric Coarse Thread Series as specified in ANSI B 1.13M, and shall have grade 6g tolerances.

7.3 Unless otherwise specified, zinc-coated bolts, to be used with zinc-coated nuts which have been tapped oversize in accordance with Specification A 563M shall have grade 6g threads before hot dip or mechanically deposited zinc-coating. After zinc-coating the maximum limits of pitch diameter and major diameter may exceed grade 6g limits by the following amount:

Nominal Bolt Diameter	Oversize Limit, mm
M16	0.42
M20	0.53
M22	0.53
M24	0.64
M27	0.64
M30	0.75
M36	0.86

7.4 The acceptability of assemblage of zinc-coated bolts shall be verified during manufacture or use by assembly with a nut tapped as nearly as practical to the oversize limit shown above. In case of dispute, a calibrated thread ring gage of that same size (Class X tolerance, gage tolerance plus) shall be used. Assembly of the gage, or the nut described above, shall be possible with hand effort following application of light machine oil to prevent galling and damage to the gage. These inspections, when performed to resolve disputes, shall be performed at the frequency and acceptability specified in Table 1.

⁸ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.02.

⁹ Available from American National Standards Institute, 11 West 42nd Street, 13th Floor, York, NY 10036.

¹⁰ Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

TABLE 1 Sample Sizes and Acceptance Numbers for Inspection of Hot Dip or Mechanically Deposited Zinc-Coated Threads

Lot Size	Sample Size ^{A,B}	Acceptance Number ^A
2 to 90	13	1
91 to 150	20	2
151 to 280	32	3
281 to 500	50	5
501 to 1 200	80	7
1 201 to 3 200	125	10
3 201 to 10 000	200	14
10 001 and over	315	21

^A Sample sizes of acceptance numbers are extracted from "Single Sampling Plan for Normal Inspection" Table IIA, MIL-STD-105.

^B Inspect all bolts in the lot if the lot size is less than the sample size.

8. Workmanship

8.1 Surface discontinuity limits shall be in accordance with Specification F 788/F 788M.

9. Test Methods

9.1 Tests shall be conducted in accordance with Test Methods F 606.

9.2 The zinc-coated bolt shall be placed in a steel joint and assembled with a zinc-coated washer and a zinc-coated nut. The joint shall be one or more flat structural steel plates with a total thickness, including the washer, such that three to five full threads of the bolt are located between the bearing surfaces of the bolt head and nut. The hole in the joint shall have the same nominal diameter as the hole in the washer. The initial tightening of the nut shall produce a load in the bolt not less than 10 % of the specified proof load (Appendix X1). After this initial tightening, the nut position shall be marked, and this marking shall serve as the base from which the rotation requirements of 6.2 shall be measured. During nut rotation the bolt head shall be restrained from turning.

10. Quality Assurance of Mechanical Requirements

10.1 The manufacturer shall make sample inspections of every lot of bolts to ensure that properties of bolts are in conformance with the requirements of this specification. All bolts shall be inspection tested prior to shipment in accordance with one of the two quality assurance procedures described in 10.2 and 10.3, respectively. The manufacturer shall have the option of which procedure will be followed when furnishing bolts to any single purchase order.

10.1.1 The purpose of a lot inspection testing program is to ensure that each lot conforms to the requirements of this specification. For such a plan to be fully effective it is essential that following delivery the purchaser continue to maintain the identification and integrity of each lot until the product is installed in its service application.

10.2 Production Lot Method:

10.2.1 All bolts shall be processed in accordance with a lot identification-control quality assurance plan. The manufacturer shall identify and maintain the integrity of each production lot of bolts from raw-material selection through all processing operations and treatments to final packing and shipment. Each lot shall be assigned its own lot-identification number, each lot shall be tested, and the inspection test reports for each lot shall be retained.

10.2.2 A production lot, for purposes of assigning an identification number and from which test samples shall be selected, shall consist of all bolts processed essentially together through all operations to the shipping container that are of the same nominal diameter, the same nominal length, and produced from the same mill heat of steel.

10.2.3 The manufacturer shall make tests for proof load, tensile strength (wedge test), and hardness of each lot of bolts. Alternatively, in accordance with 6.1, tests may be tensile strength, yield strength, reduction of area, elongation, and hardness.

10.2.4 From each production lot, the minimum number of tests of each required property shall be as follows:

Number of Pieces in Production Lot	Number of Specimens
800 and less	1
801 to 8 000	2
8 001 to 35 000	3
35 001 to 150 000	8
150 001 and over	13

10.2.5 If any test specimen shows defective machining it may be discarded and another specimen substituted.

10.2.6 Bolts shall be packed in shipping containers as soon as practicable following final processing. Shipping containers shall be marked with the lot identification number.

10.2.7 A copy of the inspection test report for each production lot from which bolts are supplied to fill the requirements of a shipment shall be furnished to the purchaser when specified in the order. Individual heats of steel need not be identified on the test report.

10.3 Shipping Lot Method:

10.3.1 In-process inspection during all manufacturing operations and treatments and storage of manufactured bolts shall be in accordance with the practices of the individual manufacturer.

10.3.2 Before packing bolts for shipment, the manufacturer shall make tests of sample bolts taken at random from each shipping lot. A shipping lot, for purposes of selecting test samples, is defined as that quantity of bolts of the same nominal diameter and same nominal length necessary to fill the requirements of a single purchase order.

10.3.3 The manufacturer shall make tests for proof load, tensile strength (wedge test), and hardness of each lot of bolts. Alternatively, in accordance with 6.1, tests may be tensile strength, yield strength, reduction of area, elongation, and hardness.

10.3.4 From each shipping lot, the minimum number of tests of each required property shall be as follows:

Number of Pieces in Shipping Lot	Number of Specimens
150 and less	1
151 to 280	2
281 to 500	3
501 to 1 200	5
1 201 to 3 200	8
3 201 to 10 000	13
10 001 and over	20

10.3.5 If any test specimen shows defective machining it may be discarded and another specimen substituted.

10.3.6 A copy of the inspection test report for each shipping

lot shall be furnished to the purchaser when specified in the order. Individual heats of steel are not identified in the finished product.

11. Visual Inspection for Head Bursts

11.1 A burst is an open break in the metal (material). Bursts can occur on the flats or corners of the heads of bolts.

11.2 A defective bolt, for the purposes of the visual inspection for bursts, shall be any bolt that contains a burst in the flat of the head which extends into the top crown surface of the head (chamfer circle) or the underhead bearing surface. In addition, bursts occurring at the intersection of two wrenching flats shall not reduce the width across corners below the specified minimum.

11.3 A lot, for the purposes of visual inspection, shall consist of all bolts of one type having the same nominal diameter and length offered for inspection at one time. No lot shall contain more than 10 000 pieces.

11.4 From each lot of bolts, a representative sample shall be picked at random and visually inspected for bursts. The sample size shall be as shown in Table 2. If the number of defective bolts found during inspection by the manufacturer is greater than the acceptance number given in Table 2 for the sample size, all bolts in the lot shall be visually inspected and all defective bolts shall be removed and destroyed. If the number of defective bolts found during inspection by the purchaser is greater than the acceptance number given in Table 2 for the sample size, the lot shall be subject to rejection.

12. Inspection

12.1 If the inspection described in 12.2 is required by the purchaser, it shall be specified in the inquiry and contract or order.

12.2 The inspector representing the purchaser shall have free entry to all parts of the manufacturer’s works that concern the manufacture of the material ordered. The manufacturer shall afford the inspector all reasonable facilities to satisfy him that the material is being furnished in accordance with this specification. All tests (except product analysis) and inspection shall be made and shall be so conducted as not to interfere unnecessarily with the operation of the works.

13. Rejection and Rehearing

13.1 Material that fails to conform to the requirements of this specification may be rejected. Rejection should be reported to the producer or supplier promptly and in writing. In case of

TABLE 2 Sample Sizes and Acceptance Numbers for Inspection of Bursts

Lot Size	Sample Size ^{A,B}	Acceptance Number ^A
1 to 150	5	0
151 to 500	20	1
501 to 1 200	32	2
1 201 to 3 200	50	3
3 201 to 10 000	80	5

^A Sample sizes and acceptance numbers are extracted from “Single Sampling Plan for Normal Inspection” Table 11A, MIL-STD-105.

^B Inspect all bolts in the lot if the lot size is less than the sample size.

dissatisfaction with the results of the test, the producer or supplier may make claim for a rehearing.

14. Certification

14.1 When specified on the order, the manufacturer shall furnish the test reports described in 10.2.7 and 10.3.6 depending on whether the bolts are furnished by the production lot or shipping lot method.

15. Responsibility

15.1 The party responsible for the fastener shall be the organization that supplies the fastener to the purchaser and certifies that the fastener was manufactured, sampled, tested and inspected in accordance with this specification and meets all of its requirements.

16. Product Marking

16.1 All bolts, Types 1, 2, and 3, shall be marked A 325M, and shall also be marked with a symbol identifying the manufacturer or private label distributor, as appropriate.

16.2 In addition, Type 1 bolts shall be marked 8S; Type 2 bolts shall be marked 8S with this marking underlined; and Type 3 bolts shall be marked 8S3.

16.3 At the manufacturer’s option, Type 3 bolts may have other distinguishing marks to indicate the bolt is atmospheric corrosion resistant and of a weathering type.

16.4 All markings shall be located on the top of the bolt head with the base of the property class numerals positioned toward the closest periphery of the head. Markings may be either raised or depressed at the option of the manufacturer.

16.5 Type and manufacturer’s or private label distributor’s identification shall be separate and distinct. The two identifications shall preferably be in different locations and, when on the same level, shall be separated by at least two spaces.

17. Packaging and Package Marking

17.1 Packaging:

17.1.1 Unless otherwise specified, packaging shall be in accordance with Practice D 3951.

17.1.2 When zinc coated nuts are included on the same order as zinc coated bolts, the bolts and nuts shall be shipped in the same container.

17.1.3 When special packaging requirements are required, they shall be defined at the time of the inquiry and order.

17.2 Package Marking:

17.2.1 Each shipping unit shall include or be plainly marked with the following information:

17.2.1.1 ASTM designation and type,

17.2.1.2 Size,

17.2.1.3 Name and brand or trademark of the manufacturer,

17.2.1.4 Number of pieces,

17.2.1.5 Lot number,

17.2.1.6 Purchase order number, and

17.2.1.7 Country of origin.

18. Keywords

18.1 bolts; carbon steel; metric; steel; structural; weathering steel

 **A 325M**

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. MECHANICAL PROPERTIES, FULL-SIZE BOLTS
TABLE X1.1 Mechanical Properties—Full-Size Bolts

Nominal Bolt Diameter and Thread Pitch	Stress Area, mm ²	Proof Load Length Measurement Method, kN	Proof Load Yield Strength Method, kN	Tensile Strength, min, kN	Hardness			
					Rockwell		Vickers	
					min	max	min	max
M16 x 2	157	94.2	104	130				
M20 x 2.5	245	147	162	203				
M22 x 2.5	303	182	200	251	C23	C34	255	336
M24 x 3	353	212	233	293				
M27 x 3	459	275	303	381				
M30 x 3.5	561	337	370	466				
M36 x 4	817	490	539	678				

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.



Standard Specification for High-Strength Steel Bolts, Classes 10.9 and 10.9.3, for Structural Steel Joints [Metric]¹

This standard is issued under the fixed designation A 490M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This specification covers the chemical and mechanical requirements of quenched and tempered steel bolts, in nominal thread diameters M16 to M36, inch. These bolts are intended for use in structural joints that are comparable to those made under the Specification for Structural Joints Using ASTM A 325 or A 490 Bolts² issued by the Research Council on Structural Connections of the Engineering Foundation. The various types of bolts covered by this specification are:

1.1.1 *Type 1*—Bolts made of alloy steel, supplied in nominal thread diameters M16 to M36, inclusive.

1.1.2 *Type 2*—Bolts made from what is generally described as low-carbon martensite steel, supplied in nominal thread diameters M16 to M24 inclusive.

1.1.3 *Type 3*—Bolts in nominal thread diameters M16 to M36, inclusive, having atmospheric corrosion resistance and weathering characteristics comparable to that of the steels covered in Specifications A 588/A 588M, A 242/A 242M, and A 709/A 709M. The atmospheric corrosion resistance of these steels is substantially better than that of carbon steel with or without copper addition. See 6.3. When properly exposed to the atmosphere, these steels can be used bare (uncoated) for many applications.

1.2 Unless otherwise specified, all nuts used on these bolts shall conform to the requirements of Specification A 563M, shall be heavy hex, and shall be of the class and surface finish for each type of bolt as follows:

Bolt Type and Finish	Nut Class and Finish
1 and 2, plain (noncoated)	10S, 1053, plain
3, plain	10S3, plain

1.3 Unless otherwise specified, all washers used on these bolts shall conform to the requirements of Specification F 436M and shall be of a surface finish for each type of bolt as

follows:

Bolt Type and Finish	Washer Finish
1 and 2, plain (uncoated)	plain (uncoated)
3, plain	weathering steel, plain

1.4 This specification provides that heavy hex structural bolts and heavy hex nuts shall be furnished unless other dimensional requirements are stipulated in the purchase inquiry and order.

NOTE 1—For quenched and tempered steel bolts, studs, and other externally threaded fasteners with nominal thread diameters larger than M36, but with similar mechanical properties, refer to class 10.9 of Specification F 568.

NOTE 2—This specification is the metric companion of Specification A 490.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- A 242/A242M Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel³
- A 563M Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]⁴
- A 588/A588M Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point to 4 in. [100 mm] Thick³
- A 709/A709M Specification for Structural Steel for Bridges³
- D 3951 Practice for Commercial Packaging⁵
- E 138 Method for Wet Magnetic Particle Inspection⁶
- E 709 Guide for Magnetic Particle Examination⁷
- F 436M. Specification for Hardened Steel Washers [Metric]⁸
- F 568 Specification for Carbon and Alloy Steel Externally Threaded Metric Fasteners⁸
- F 606 Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners,

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee F-16 on Fasteners and is the direct responsibility of Subcommittee F16.02 on Steel Bolts, Nuts, Rivets, and Washers.

Current edition approved Feb. 15, 1993. Published April 1993. Originally published as A 490M – 82. Last previous edition A 490M – 92a.

² Published by the American Institute of Steel Construction, 400 N. Michigan Ave., Chicago, IL 60611.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.04.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vols 01.01 and 15.08.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.09.

⁶ Discontinued; see 1980 Annual Book of ASTM Standards, Part II.

⁷ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.03.

⁸ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.08.

Washers, and Rivets⁸

F 788/F788M Specification for Surface Discontinuities of Bolts, Screws, and Studs, Inch and Metric Series⁸

G 101 Guide for Estimating the Atmospheric Corrosion Resistance of Low-Alloy Steels⁹

2.2 *ANSI Standards:*¹⁰

B1.13M Metric Screw Threads

B18.2.3.7M Metric Heavy Hex Structural Bolts

2.3 *Military Standard:*¹¹

MIL-STD-105 Sampling Procedure and Tables for Inspection by Attributes

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 Surface discontinuities as covered by this specification are defined as follows:

3.1.2 *acceptable quality level (AQL)*—as defined in MIL-STD-105, the maximum percent defective that, for purposes of sampling inspection, can be considered satisfactory as the process average.

3.1.3 *burst*—a break located at the periphery of the bolt head.

3.1.4 *crack*—a clean crystalline break passing through the grain boundary without inclusion of foreign elements.

3.1.5 *process average*—as defined in MIL-STD-105, the average percent defective of product at the time of original inspection. Original inspection is that first inspection of a particular quantity of product which is being reinspected after rejection and reconditioning.

3.1.6 *seam or lap*—a noncrystalline break through the metal which is inherent in the raw material.

4. Ordering Information

4.1 Orders for products under this specification shall include the following:

4.1.1 Quantity (number of pieces of bolts and accessories),

4.1.2 Name of products, including accessories such as nuts and washers when desired,

4.1.3 Dimensions, including nominal bolt diameter, thread pitch, and length. For bolts of dimensional requirements other than heavy hex structural bolts (see section 1.4) it is normally necessary to specify grip length,

4.1.4 Type of bolt (that is, Type 1, 2, or 3).

4.1.4.1 When the bolt type is not specified Type 1, 2 or 3 bolts may be supplied by the manufacturer.

4.1.4.2 When atmospheric corrosion resistance and weathering characteristics are required, Type 3 bolts should be specified by the purchaser.

4.1.5 ASTM designation and date of issue,

4.1.6 Whether proof load tests are required,

4.1.7 Specify if test reports are required, and

4.1.8 Any special requirements.

NOTE 3—Two examples of ordering descriptions follow: (1) 1000

pieces, heavy hex structural bolts, each with two hardened washers, ASTM F 436M, and one heavy hex nut, ASTM A 563M class 10S, M24 × 3 × 100, ASTM A 490M dated _____. (2) 1000 pieces, heavy hex structural bolts, no nuts or washers, M20 × 2.5 × 60, Type 1, ASTM A 490M dated _____.

5. Materials and Manufacture

5.1 Steel for bolts, and the heading, threading, and heat treatment of bolts shall be in accordance with requirements specified for classes 10.9 and 10.9.3 bolts in Specification F 568.

6. Chemical Composition

6.1 Type 1 bolts shall conform to the chemical composition requirements specified for alloy steel class 10.9 bolts in Specification F 568. The steel shall contain sufficient alloying elements to qualify it as an alloy steel.

NOTE 4—Steel is considered to be alloy, by the American Iron and Steel Institute, when the maximum of the range given for the content of alloying elements exceeds one or more of the following limits: manganese, 1.65 %; silicon, 0.60 %; copper, 0.60 %; or in which a definite range or a definite minimum quantity of any of the following elements is specified or required within the limits of the recognized field of constructional alloy steels: aluminum, chromium up to 3.99 %, cobalt, columbium, molybdenum, nickel, titanium, tungsten, vanadium, zirconium, or any other alloying elements added to obtain a desired alloying effect.

6.2 Type 2 bolts shall conform to the chemical composition requirements specified for low carbon martensite steel class 10.9 bolts in Specification F 568.

6.3 Type 3 bolts shall conform to the chemical composition requirements specified for class 10.9.3 bolts in Specification F 568. See Guide G 101 for methods of estimating the atmospheric corrosion resistance of low alloy steels.

6.4 Product analyses may be made by the purchaser from finished material representing each lot of bolts. The chemical composition thus determined shall conform to the requirements given in Tables 1 or 2 of Specification F 568, as applicable.

7. Mechanical Requirements

7.1 Bolts shall meet the mechanical requirements specified for classes 10.9 and 10.9.3 bolts in Specification F 568. In addition, bolts shall not have a tensile strength greater than 1200 MPa.

NOTE 5—For information purposes only, the mechanical properties of bolts are given in Appendix XI.

7.2 For bolts on which hardness and tension tests are performed, acceptance based on tensile requirements shall take precedence in case of controversy over low or high hardness readings.

8. Dimensions

8.1 Unless otherwise specified, bolts shall conform to the dimensions for heavy hex structural bolts specified in ANSI B 18.2.3.7M.

8.2 Threads shall be the metric coarse thread series as specified in ANSI B 1.13M, and shall have class 6g tolerances.

9. Workmanship

9.1 Surface discontinuity limits shall be in accordance with Specification F 788/F 788M.

⁹ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.02.

¹⁰ Available from American National Standards Institute, 11 West 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

¹¹ Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

10. Quality Assurance of Mechanical Requirements

10.1 The manufacturer shall make sample inspections of every lot of bolts to ensure that properties of bolts are in conformance with the requirements of this specification. All bolts shall be inspected tested prior to shipment in accordance with one of the two quality assurance procedures described in 10.3 and 10.4, respectively. The manufacturer shall have the option of which procedure will be followed when furnishing bolts to any single purchase order.

10.2 The purpose of a lot inspection testing program is to ensure that each lot conforms to the requirements of this specification. For such a plan to be fully effective, it is essential that following delivery the purchaser continue to maintain the identification and integrity of each lot until the product is installed in its service application.

10.3 Production Lot Method:

10.3.1 All bolts shall be processed in accordance with a lot-identification-control quality assurance plan. The manufacturer shall identify and maintain the integrity of each production lot of bolts from raw-material selection through all processing operations and treatments to final packing and shipment. Each lot shall be assigned its own lot-identification number, each lot shall be tested, and the inspection test reports for each lot shall be retained.

10.3.2 A production lot, for purposes of assigning an identification number and from which test samples shall be selected, shall consist of all bolts processed essentially together through all operations to the shipping container that are of the same nominal diameter, the same nominal length, and produced from the same mill heat of steel.

10.3.3 The manufacturer shall make tests for tensile strength (wedge test) and hardness of each lot of bolts. Alternatively, in accordance with 7.1, tests may be tensile strength, yield strength, reduction of area, elongation, and hardness.

10.3.4 From each production lot, the minimum number of tests of each required property shall be as follows:

Number of Pieces in Production Lot	Number of Specimens
800 and less	1
801 to 8 000	2
8 001 to 35 000	3
35 001 to 150 000	8
150 001 and over	13

10.3.5 If any test specimen shows defective machining, it may be discarded and another specimen substituted.

10.3.6 Bolts shall be packed in shipping containers as soon as practicable following final processing. Shipping containers shall be marked with the lot identification number.

10.3.7 A copy of the inspection test report for each production lot from which bolts are supplied to fill the requirements of a shipment shall be furnished to the purchaser when specified in the order. Individual heats of steel need not be identified on the test report.

10.4 Shipping Lot Method:

10.4.1 In-process inspection during all manufacturing operations and treatments and storage of manufactured bolts shall

be in accordance with the practices of the individual manufacturer.

10.4.2 Before packing bolts for shipment, the manufacturer shall make tests of sample bolts taken at random from each shipping lot. A shipping lot, for purposes of selecting test samples, is defined as that quantity of bolts of the same nominal diameter and same nominal length necessary to fill the requirements of a single purchase order.

10.4.3 The manufacturer shall make tests for tensile strength (wedge test), and hardness of each lot of bolts, including proof load tests when specified on the order. Alternatively, in accordance with 7.1 tests may be tensile strength, yield strength, reduction of area, elongation, and hardness.

10.4.4 From each shipping lot, the minimum number of tests of each required property shall be as follows:

Number of Pieces in Shipping Lot	Number of Specimens
150 and less	1
151 to 280	2
281 to 500	3
501 to 1 200	5
1 201 to 3 200	8
3 201 to 10 000	13
10 001 and over	20

10.4.5 If any test specimen shows defective machining, it may be discarded and another specimen substituted.

10.4.6 A copy of the inspection test report for each shipping lot shall be furnished to the purchaser when specified in the order. Individual heats of steel are not identified in the finished product.

11. Test Methods

11.1 Tests shall be conducted in accordance with Test Methods F 606.

12. Magnetic Particle and Visual Inspection for Surface Discontinuities

12.1 Bolts shall be examined by magnetic particle inspection for longitudinal discontinuities and transverse cracks, and shall conform to an AQL of 0.25 when inspected in accordance with the sampling plan described in 12.4. Eddy-current inspection may be substituted, at the option of the manufacturer, for the 100 % magnetic particle inspection specified in 12.4.1 and 12.4.2, provided that the bolts, after eddy current inspection, are subsequently randomly sampled according to Table 1 and subjected to the magnetic particle inspection and acceptance requirements as described above. In the case of dispute, the magnetic particle test shall govern.

12.2 Bolts shall be examined visually for bursts and shall meet an AQL of 2.5 when inspected in accordance with the sampling plan described in 12.5.

12.3 A lot, for purposes of selecting a sample for magnetic particle or visual inspection, shall consist of all bolts of one type, having the same nominal diameter and length offered for inspection at one time. No lot shall contain more than 10 000 pieces.

12.4 Longitudinal Discontinuities and Transverse Cracks:

12.4.1 From each lot of bolts a representative sample shall be picked at random and magnetic particle inspected for

TABLE 1 Sample Sizes and Acceptance Numbers for Inspection of Longitudinal Discontinuities, Transverse Cracks, and Bursts

Lot Size	0.25 AQL			2.5 AQL		
	Sample Size ^{A,B}	Acceptance Number	Rejection Number	Sample Size ^{A,B}	Acceptance Number ^B	Rejection Number
1 to 150	50	0	1	5	0	1
151 to 500	50	0	1	20	1	2
501 to 1 200	50	0	1	32	2	3
1 201 to 3 200	50	0	1	50	3	4
3 201 to 10 000	50	0	1	80	5	6

^ASample sizes, acceptance numbers, and rejection numbers are extracted from "Single Sampling Plan for Normal Inspection" Table IIA.MIL-STD-105.

^BInspect all bolts in the lot if lot size is less than sample size.

longitudinal discontinuities and transverse cracks in accordance with Guide E 709. (See Note 5). The sample size shall be as specified for an AQL of 0.25 in Table 1. If any defectives are found during inspection by the manufacturer all bolts in the lot shall be magnetic particle inspected and all defectives shall be removed and destroyed. If any defectives are found during inspection by the purchaser the lot shall be subject to rejection.

NOTE 6—Magnetic particle inspection may be conducted in accordance with Method E 138. For referee purposes Guide E 709 shall be used.

12.4.2 Any bolt with a longitudinal discontinuity (located parallel to the axis of the bolt in the threads, body, fillet, or underside of head), with a depth normal to the surface greater than 0.03 D , where D is the nominal bolt diameter in millimetres, shall be considered defective. In addition, any bolt with a transverse crack (located perpendicular to the axis of the bolt in the threads, body, fillet, or underside of head), shall be considered defective.

NOTE 7—Magnetic particle indications of themselves shall not be cause for rejection. If in the opinion of the inspector the indications may be cause for rejection, a representative sample shall be taken from those bolts showing indications and shall be further examined by microscopical examination to determine whether the indicated discontinuities are in accordance with the specific limits.

12.5 Bursts:

12.5.1 From each lot of bolts a representative sample shall be picked at random and visually inspected for bursts. The sample size shall be as specified for an AQL of 2.5 in Table 1. If the number of defectives found during inspection by the manufacturer is greater than the acceptance number given in Table 1 for the sample size, all bolts in the lot shall be visually inspected and all defectives shall be removed and destroyed. If the number of defectives found during inspection by the purchaser is greater than the acceptance number given in Table 1 for the sample size, the lot shall be subject to rejection.

12.5.2 Any bolt with a burst in the flat of the head which extends into the top crown surface (chamfer circle) or the under-head bearing surface shall be considered defective. In addition, bursts occurring at the intersection of two wrenching flats shall not reduce the width across corners below the specified minimum.

13. Inspection

13.1 If the inspection described in 13.2 is required by the

purchaser, it shall be specified in the inquiry and contract or order.

13.2 The inspector representing the purchaser shall have free entry to all parts of the manufacturer's works that concern the manufacture of the material ordered. The manufacturer shall afford the inspector all reasonable facilities, to satisfy him that the material is being furnished in accordance with this specification. All tests and inspections required by the specification that are requested by the purchaser's representative shall be made before shipment, and shall be conducted as not to interfere unnecessarily with the operation of the works.

14. Certification

14.1 When specified on the order the manufacturer shall furnish the test reports described in 10.3.7 or 10.4.6, depending on whether the bolts are furnished by the production lot or shipping lot method.

15. Responsibility

15.1 The party responsible for the fastener shall be the organization that supplies the fastener to the purchaser and certifies that the fastener was manufactured, sampled, tested and inspected in accordance with this specification and meets all of its requirements.

16. Product Marking

16.1 Bolt heads shall be marked A 490M, and shall also be marked to identify the manufacturer or private label distributor, as appropriate.

16.2 In addition to the markings required in 16.1, Type 1 bolts shall be marked 10S; Type 2 bolts shall be marked 10S with this marking underlined; and Type 3 bolts shall be marked 10S3.

16.3 At the manufacturer's option, Type 3 bolts may have additional distinguishing marks to indicate the bolt is atmospheric corrosion resistant and of a weathering type.

16.4 All markings shall be located on the top of the bolt head with the base of the property class numerals positioned toward the closest periphery of the head. Markings may be either raised or depressed at the option of the manufacturer.

16.5 Type and manufacturer's or private label distributor's identification shall be separate and distinct. The two identifications shall preferably be in different locations and, when on the same level, shall be separated by at least two spaces.

17. Packaging and Package Marking

17.1 Packaging:

17.1.1 Unless otherwise specified, packaging shall be in accordance with Practice D 3951.

17.1.2 When special packaging requirements are required, they shall be defined at the time of the inquiry and order.

17.2 Package Marking:

17.2.1 Each shipping unit shall include or be plainly marked with the following information:

17.2.1.1 ASTM designation and type,

17.2.1.2 Size,

17.2.1.3 Name and brand or trademark of the manufacturer,

17.2.1.4 Number of pieces,

17.2.1.5 Lot number,

 **A 490M**

17.2.1.6 Purchase order number, and
 17.2.1.7 Country of origin.

18. Keywords

18.1 alloy steel; bolts; metric; steel; structural; weathering steel

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. MECHANICAL PROPERTIES OF FULL-SIZE BOLTS

X1.1 See mechanical properties for full-size bolts in Table X1.1.

TABLE X1.1 Mechanical Properties of Full-Size Bolts

Nominal Bolt Diameter and Thread Pitch	Stress Area, mm ²	Proof Load, kN		Tensile Strength, kN		Product Hardness				Surface Hardness
		Length Measurement Method	Yield Strength Method	Min	Max	HRC (Rockwell C)		HV (Vickers)		HR 30N (Rockwell 30N)
						Min	Max	Min	Max	
M16 × 2	157	130	148	163	188	---	---	---	---	---
M20 × 2.5	245	203	230	255	294	---	---	---	---	---
M22 × 2.5	303	251	285	315	364	---	---	---	---	---
M24 × 3	353	293	332	367	424	33	39	327	382	59
M27 × 3	459	381	431	477	551	---	---	---	---	---
M30 × 3.5	561	466	527	583	673	---	---	---	---	---
M36 × 4	817	678	768	850	980	---	---	---	---	---

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

Joint Surface Preparation Standard

SSPC-SP 5/NACE NO. 1

White Metal Blast Cleaning

This SSPC: The Society for Protective Coatings and NACE International standard represents a consensus of those individual members who have reviewed this document, its scope and provisions. Its acceptance does not in any respect preclude anyone, having adopted the standard or not, from manufacturing, marketing, purchasing, or using products, processes, or procedures not in conformance with this standard. Nothing contained in this standard is to be construed as granting any right, by implication or otherwise, to manufacture, sell, or use in connection with any method, apparatus, or product covered by Letters Patent, or as indemnifying or protecting anyone against liability for infringement of Letters Patent. This standard represents minimum requirements and should in no way be interpreted as a restriction on the use of better procedures or materials. Neither is this standard intended to apply in all cases relating to the subject. Unpredictable circumstances may negate the usefulness of this standard in specific instances. SSPC and NACE assume no responsibility for the interpretation or use of this standard by other parties and accept responsibility for only those official interpretations issued by SSPC or NACE in accordance with their respective governing procedures and policies, which preclude the issuance of interpretations by individual volunteers.

Users of this standard are responsible for reviewing appropriate health, safety, and regulatory documents and for determining their applicability in relation to this standard prior to its use. This SSPC/NACE standard may not necessarily address all potential health and safety problems or environmental hazards associated with the use of materials, equipment and/or operations detailed or referred to within this standard. Users of this standard are also responsible for establishing appropriate health, safety, and environmental protection practices, in consultation with appropriate regulatory authorities, if necessary, to achieve compliance with any existing applicable regulatory requirements prior to the use of this standard.

CAUTIONARY NOTICE: SSPC/NACE standards are subject to periodic review and may be revised or withdrawn at any time without prior notice. SSPC and NACE require that action be taken to reaffirm, revise, or withdraw this standard no later than five years from the date of initial publication. The user is cautioned to obtain the latest edition. Purchasers may receive current information on all standards and other publications by contacting the organizations at the addresses below:

©NACE International
P.O. Box 218340
Houston, TX 77218-8340
(telephone +1 281/228-6200)

©SSPC: The Society for Protective Coatings
40 24th Street, Sixth Floor
Pittsburgh, PA 15222
(telephone +1 412/281-2331)

Foreword

This joint standard covers the use of blast cleaning abrasives to achieve a defined degree of cleaning of steel surfaces prior to the application of a protective coating or lining system. This standard is intended for use by coating or lining specifiers, applicators, inspectors, or others whose responsibility it may be to define a standard degree of surface cleanliness.

The focus of this standard is white metal blast cleaning. Near-white metal blast cleaning, commercial blast cleaning, industrial blast cleaning and brush-off blast cleaning are addressed in separate standards.

White metal blast cleaning provides a greater degree of cleaning than near-white blast cleaning (SSPC-SP 10/NACE No. 2).

The difference between a white metal blast and a near-white blast is that a white metal blast removes all of the coating, mill scale, rust, oxides, corrosion products, and other foreign matter from the surface. Near-white blasting allows light shadows, slight streaks, or minor discolorations caused by stains of rust, stains of mill scale, or stains of previously applied coating to remain on no more than 5 percent of each unit area of surface.

This joint standard was prepared by the SSPC/NACE Task Group A on Surface Preparation by Abrasive Blast Cleaning. This joint Task Group includes members of both the SSPC Surface Preparation Committee and the NACE Unit Committee T-6G on Surface Preparation.

1. General

1.1 This joint standard covers the requirements for white metal blast cleaning of unpainted or painted steel surfaces by the use of abrasives. These requirements include the end condition of the surface and materials and procedures necessary to achieve and verify the end condition.

1.2 The mandatory requirements are described in Sections 1 to 9 as follows:

Section 1	General
Section 2	Definition
Section 3	References
Section 4	Procedures Before Blast Cleaning
Section 5	Blast Cleaning Methods and Operation
Section 6	Blast Cleaning Abrasives
Section 7	Procedures Following Blast Cleaning and Immediately Prior to Coating
Section 8	Inspection
Section 9	Safety and Environmental Requirements

NOTE: Section 10, "Comments" and Appendix A, "Explanatory Notes" are not mandatory requirements of this standard.

2. Definition

2.1 A white metal blast cleaned surface, when viewed without magnification, shall be free of all visible oil, grease, dust, dirt, mill scale, rust, coating, oxides, corrosion products, and other foreign matter.

2.2 Acceptable variations in appearance that do not affect surface cleanliness as defined in Section 2.1 include variations caused by type of steel, original surface condition, thickness of the steel, weld metal, mill or fabrication marks, heat treating, heat affected zones, blasting abrasives, and differences due to blasting technique.

2.3 When a coating is specified, the surface shall be roughened to a degree suitable for the specified coating system.

2.4 Immediately prior to coating application, the entire surface shall comply with the degree of cleaning specified herein.

2.5 SSPC-VIS 1-89 may be specified to supplement the written definition. In any dispute, the written standards shall take precedence over visual standards and comparators. Additional information on visual standards and comparators is available in Section A.4 of Appendix A.

3. References

3.1 The documents referenced in this standard are listed in Section 3.4.

3.2 The latest issue, revision, or amendment of the referenced standards in effect on the date of invitation to bid shall govern unless otherwise specified.

3.3 If there is a conflict between the requirements of any of the cited reference standards and this standard, the requirements of this standard shall prevail.

3.4 SSPC: The Society For Protective Coatings Standards:

AB 1	Mineral and Slag Abrasives
AB 2	Cleanliness of Recycled Ferrous Metallic Abrasives
AB 3	Newly Manufactured or Re-Manufactured Steel Abrasives
PA Guide 3	A Guide to Safety in Paint Application
SP 1	Solvent Cleaning
VIS 1	Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel

4. Procedures Before Blast Cleaning

4.1 Before blast cleaning, visible deposits of oil, grease, or other contaminants shall be removed in accordance with SSPC-SP 1 or other agreed upon methods.

4.2 Before blast cleaning, surface imperfections such as sharp fins, sharp edges, weld spatter, or burning slag should be removed from the surface to the extent required by the procurement documents (project specification). Additional information on surface imperfections is available in Section A.5 of Appendix A.

4.3 If a visual standard or comparator is specified to supplement the written standard, the condition of the steel prior to blast cleaning should be determined before the blasting commences. Additional information on visual standards and comparators is available in Section A.4 of Appendix A.

5. Blast Cleaning Methods and Operation

5.1 Clean, dry compressed air shall be used for nozzle blasting. Moisture separators, oil separators, traps, or other equipment may be necessary to achieve this requirement.

5.2 Any of the following methods of surface preparation may be used to achieve a white metal abrasive blast cleaned surface:

5.2.1 Dry abrasive blasting using compressed air, blast nozzles, and abrasive.

5.2.2 Dry abrasive blasting using a closed-cycle, recirculating abrasive system with compressed air, blast nozzle, and abrasive, with or without vacuum for dust and abrasive recovery.

5.2.3 Dry abrasive blasting using a closed cycle, recirculating abrasive system with centrifugal wheels and abrasive.

5.3 Other methods of surface preparation (such as wet abrasive blasting) may be used to achieve a white metal blast cleaned surface by mutual agreement between those responsible for performing the work and those responsible for establishing the requirements. NOTE: Information on the use of inhibitors to prevent the formation of rust immediately after wet blast cleaning is contained in Section A.9 of Appendix A.

6. Blast Cleaning Abrasives

6.1 The selection of abrasive size and type shall be based on the type, grade, and surface condition of the steel to be cleaned, type of blast cleaning system employed, the finished surface to be produced (cleanliness and roughness), and whether the abrasive will be recycled.

6.2 The cleanliness and size of recycled abrasives shall be maintained to ensure compliance with this specification.

6.3 The blast cleaning abrasive shall be dry and free of oil, grease, and other contaminants as determined by the test methods found in SSPC-AB 1, AB 2 and AB 3.

6.4 Any limitations on the use of specific abrasives, the quantity of contaminants, or the degree of allowable embedment shall be included in the procurement documents (project specification) covering the work, because abrasive embedment and abrasives containing contaminants may not be acceptable for some service requirements. NOTE: Additional information on abrasive selection is given in Section A.2 of Appendix A.

7. Procedures Following Blast Cleaning and Immediately Prior to Coating

7.1 Visible deposits of oil, grease, or other contaminants shall be removed according to SSPC-SP 1 or another method agreed upon by those parties responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

7.2 Dust and loose residues shall be removed from prepared surfaces by brushing, blowing off with clean, dry air, vacuum cleaning, or other methods agreed upon by those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work. NOTE: The presence of toxic metals in the abrasives or paint being removed may place restrictions on the methods of cleaning permitted. Comply with all applicable regulations. Moisture separators, oil separators, traps, or other equipment may be necessary to achieve clean, dry air.

7.3 After blast cleaning, surface imperfections that remain (e.g., sharp fins, sharp edges, weld spatter, burning slag, scabs, slivers, etc.) shall be removed to the extent required in the procurement documents (project specification). Any damage to the surface profile resulting from the removal of surface imperfections shall be corrected to meet the requirements of Section 2.4. NOTE: Additional information on surface imperfections is contained in Section A.5 of Appendix A.

7.4 Any visible rust that forms on the surface of the steel after blast cleaning shall be removed by recleaning the rusted areas to meet the requirements of this standard before coating. NOTE: Information on rust-back (re-rusting) and surface condensation is contained in Sections A.6, A.7 and A.8 of Appendix A.

8. Inspection

8.1 Work and materials supplied under this standard are subject to inspection by a representative of those responsible for establishing the requirements. Materials and work areas shall be accessible to the inspector. The procedures and times of inspection shall be as agreed upon by those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

8.2 Conditions not complying with this standard shall be corrected. In the case of a dispute, an arbitration or settlement procedure established in the procurement documents (project specification) shall be followed. If no arbitration or settlement procedure is established, then a procedure mutually agreeable to purchaser and supplier shall be used.

8.3 The procurement documents (project specification) should establish the responsibility for inspection and for any required affidavit certifying compliance with the specification.

9. Safety and Environmental Requirements

9.1 Because abrasive blast cleaning is a hazardous operation, all work shall be conducted in compliance with applicable occupational and environmental health and safety rules and regulations. NOTE: SSPC-PA Guide 3, "A Guide to Safety in Paint Application," addresses safety concerns for coating work.

10. Comments

10.1 Additional information and data relative to this standard are contained in Appendix A. Detailed information and data are presented in a separate document, SSPC-SP COM, "Surface Preparation Commentary." The recommendations contained in Appendix A and SSPC-SP COM are believed to represent good practice, but are not to be

considered requirements of the standard. The sections of SSPC-SP COM that discuss subjects related to industrial blast cleaning are listed below.

<u>Subject</u>	<u>Commentary Section</u>
Abrasive Selection	6
Film Thickness	10
Wet Abrasive Blast Cleaning	8.2
Maintenance Repainting	4.2
Rust-back (Re-rusting)	8.3
Surface Profile	6.2
Visual Standards	11
Weld Spatter	4.4.1

Appendix A. Explanatory Notes

A.1 FUNCTION: White metal blast cleaning (SSPC-SP 5/NACE No. 1) provides the greatest degree of cleaning. It should be used when the highest degree of blast cleaning is required. The primary functions of blast cleaning before coating are: (a) to remove material from the surface that can cause early failure of the coating system and (b) to obtain a suitable surface roughness and to enhance the adhesion of the new coating system. The hierarchy of blasting standards is as follows: white metal blast cleaning, near-white blast cleaning, commercial blast cleaning, industrial blast cleaning, and brush-off blast cleaning.

A.2 ABRASIVE SELECTION: Types of metallic and non-metallic abrasives are discussed in the Surface Preparation Commentary (SSPC-SP COM). It is important to recognize that blasting abrasives may become embedded in or leave residues on the surface of the steel during preparation. While normally such embedment or residues are not detrimental, care should be taken to ensure that the abrasive is free from detrimental amounts of water-soluble, solvent-soluble, acid-soluble, or other soluble contaminants (particularly if the prepared steel is to be used in an immersion environment). Criteria for selecting and evaluating abrasives are given in SSPC-AB 1, "Mineral and Slag Abrasives," SSPC-AB 2, "Cleanliness of Recycled Ferrous Metallic Abrasives," and SSPC-AB 3, "Newly Manufactured or Re-Manufactured Steel Abrasives."

A.3 SURFACE PROFILE: Surface profile is the roughness of the surface which results from abrasive blast cleaning. The profile depth (or height) is dependent upon the size, shape, type, and hardness of the abrasive, particle velocity and angle of impact, hardness of the surface, amount of recycling, and the proper maintenance of working mixtures of grit and/or shot.

The allowable minimum/maximum height of profile is usually dependent upon the thickness of the coating to be applied. Large particle sized abrasives (particularly metal-

lic) can produce a profile that may be too deep to be adequately covered by a single thin film coat. Accordingly, it is recommended that the use of larger abrasives be avoided in these cases. However, larger abrasives may be needed for thick film coatings or to facilitate removal of thick coatings, heavy mill scale, or rust. If control of profile (minimum/maximum) is deemed to be significant to coating performance, it should be addressed in the procurement documents (project specification). Typical profile heights achieved with commercial abrasive media are shown in Table 5 of the Surface Preparation Commentary (SSPC-SP COM). Surface profile should be measured in accordance with NACE Standard RP0287 (latest edition), "Field Measurement of Surface Profile of Abrasive Blast Cleaned Steel Surfaces Using Replica Tape," or ASTM⁽¹⁾ D 4417 (latest edition), "Test Method for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel."

A.4 VISUAL STANDARDS: Note that the use of visual standards or comparators in conjunction with this standard is required only when specified in the procurement document (project specification) covering the work. However, it is strongly recommended that the procurement document require the use of visual standards or comparators. SSPC-VIS 1-89 (Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel) provides color photographs for the various grades of surface preparation as a function of the initial condition of the steel. The series A-SP 5, B-SP 5, C-SP 5 and D-SP 5 depict surfaces cleaned to white metal grade. In addition, the series A-SP 5 M and N depict surfaces cleaned by various metallic and non-metallic abrasives to SP 5 condition. The NACE Visual Comparator for Surface Finishing of Welds Prior to Coating is a plastic weld replica that complements NACE Standard RP 0178. Other available visual standards are described in Section 11 of SSPC-SP COM.

A.5 SURFACE IMPERFECTIONS: Surface imperfections can cause premature failure when the service is severe. Coatings tend to pull away from sharp edges and projections, leaving little or no coating to protect the underlying steel. Other features that are difficult to properly cover and protect include crevices, weld porosities, laminations, etc. The high cost of the methods to remedy surface imperfections requires weighing the benefits of edge rounding, weld spatter removal, etc., versus a potential coating failure.

Poorly adhering contaminants, such as weld slag residues, loose weld spatter, and some minor surface laminations may be removed during the blast cleaning operation. Other surface defects (steel laminations, weld porosities, or deep corrosion pits) may not be evident until the surface preparation has been completed. Therefore, proper plan-

⁽¹⁾ ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959.

ning for such surface repair work is essential because the timing of the repairs may occur before, during, or after the blast cleaning operation. Section 4.4 of SSPC-SP COM and NACE Standard RP0178 (latest edition), "Fabrication Details, Surface Finish Requirements, and Proper Design Considerations for Tanks and Vessels to be Lined for Immersion Service" contain additional information on surface imperfections.

A.6 CHEMICAL CONTAMINATION: Steel contaminated with soluble salts (e.g., chlorides and sulfates) develops rust-back rapidly at intermediate and high humidities. These soluble salts can be present on the steel surface prior to blast cleaning as a result of atmospheric contamination. In addition, contaminants can be deposited on the steel surface during blast cleaning if the abrasive is contaminated. Therefore, rust-back can be minimized by removing these salts from the steel surface and eliminating sources of recontamination during and after blast cleaning. Wet methods of removal are described in SSPC-SP 12/NACE No. 5. Identification of the contaminants along with their concentrations may be obtained from laboratory and field tests as described in SSPC-TU 4, "Technology Update on Field Methods for Retrieval and Analysis of Soluble Salts on Substrates."

A.7 RUST-BACK: Rust-back (re-rusting) occurs when freshly cleaned steel is exposed to moisture, contamination, or a corrosive atmosphere. The time interval between blast cleaning and rust-back will vary greatly from one environment to another. Under mild ambient conditions, if chemical contamination is not present (see Section A.6), it is best to blast clean and coat a surface the same day. Severe conditions may require more expedient coating application to avoid contamination from fallout. Chemical contamination should be removed prior to coating (see Section A.6).

A.8 DEW POINT: Moisture condenses on any surface that is colder than the dew point of the surrounding air. It is, therefore, recommended that the temperature of the steel surface be at least 3 °C (5 °F) above the dew point during dry

blast cleaning operations. It is advisable to visually inspect for moisture and periodically check the surface temperature and dew point during blast cleaning operations and to avoid the application of coating over a damp surface.

A.9 WET ABRASIVE BLAST CLEANING: Steel that is wet abrasive blast cleaned may rust rapidly. Clean water should be used for rinsing. It may be necessary that inhibitors be added to the water or applied to the surface immediately after blast cleaning to temporarily prevent rust formation. The use of inhibitors or the application of coating over slight discoloration should be in accordance with the requirements of the coating manufacturer. **CAUTION:** Some inhibitive treatments may interfere with the performance of certain coating systems.

A.10 FILM THICKNESS: It is essential that ample coating be applied after blast cleaning to adequately cover the peaks of the surface profile. The dry film thickness of the coating above the peaks of the profile should equal the thickness known to be needed for the desired protection. If the dry film thickness over the peaks is inadequate, premature rust-through or failure will occur. To assure that coating thicknesses are properly measured the procedures in SSPC-PA 2 (latest edition), "Measurement of Dry Coating Thickness with Magnetic Gauges" should be used.

A.11 MAINTENANCE AND REPAIR PAINTING: When this standard is used in maintenance painting, specific instructions should be given on the extent of surface to be blast cleaned or spot blast cleaned to this degree of cleanliness. In these cases, the cleaning shall be performed across the entire area specified. For example, if all weld seams are to be cleaned in a maintenance operation, this degree of cleaning shall be applied 100% to all weld seams. If the entire structure is to be prepared, this degree of cleaning shall be applied to 100% of the entire structure. SSPC-PA Guide 4 (latest edition), "Guide to Maintenance Repainting with Oil Base or Alkyd Painting Systems," provides a description of accepted practices for retaining old sound coating, removing unsound coating, feathering, and spot cleaning.