

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PUCP**

**PROYECTO PMTC MONTAJE DE FAJA TRANSPORTADORA DE  
72" Y TORRE DE TRANSFERENCIA**

**Trabajo de suficiencia profesional para obtener el título profesional de  
INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR**

**RENZO JOSÉ VIDAL CARDEÑA**

**ASESOR:**

**LUIS ORLANDO COTAQUISPE ZEVALLOS**

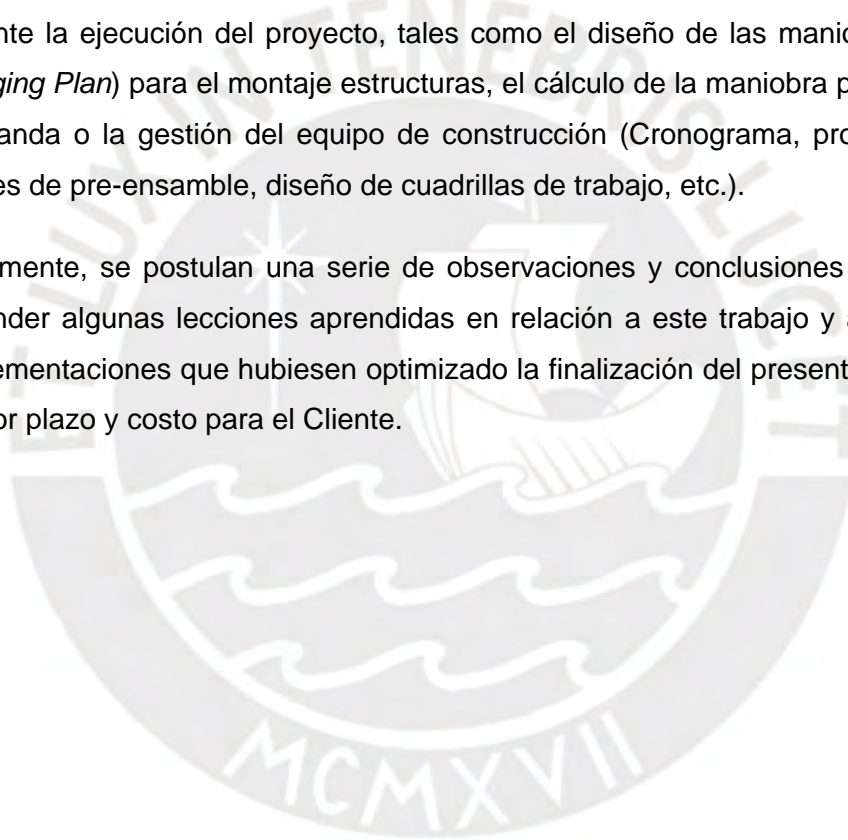
Lima, diciembre, 2019

## RESUMEN

El presente informe mostrará las habilidades adquiridas del autor como profesional de ingeniería mecánica dentro de las funciones y encargos desempeñados a lo largo del proyecto "PMTTC - Montaje de Faja Transportadora y Torre de Transferencia" a cargo de la empresa GyM S.A.

Al inicio del informe, se realiza una breve descripción del Proyecto en mención a fin de entender la importancia y dificultad técnica que representa el desarrollo de este tipo de Obras (cantidades de los trabajos, partidas más relevantes, objetivos del Cliente, etc.), para posteriormente presentar las competencias técnicas más relevantes adquiridas y desarrolladas bajo el encargo y funciones desempeñadas durante la ejecución del proyecto, tales como el diseño de las maniobras de izaje (*Rigging Plan*) para el montaje estructuras, el cálculo de la maniobra para el tendido de banda o la gestión del equipo de construcción (Cronograma, programa diario, planes de pre-ensamble, diseño de cuadrillas de trabajo, etc.).

Finalmente, se postulan una serie de observaciones y conclusiones que permitan entender algunas lecciones aprendidas en relación a este trabajo y a las posibles implementaciones que hubiesen optimizado la finalización del presente Proyecto en menor plazo y costo para el Cliente.



## INDICE

Capítulo 1 Proyecto Mejora Tecnológica Cuajone (PMTC) .....	3
1.1. Alcance del Proyecto.....	3
1.2. Diagrama de flujo del Proceso .....	5
1.3. Partidas de mayor relevancia .....	6
1.4. Plazo de Ejecución y Cronograma de Obra.....	7
1.5. Presupuesto del Contrato.....	8
1.6. Organigrama de ejecución de Obra.....	9
Capítulo 2 Competencias desarrolladas durante el ejercicio profesional.....	10
2.1. Montaje de la estructura de la Faja CV-201 .....	10
2.2. Tendido de Banda y Empalme: Faja CV-201.....	17
Capítulo 3 Observaciones y Conclusiones.....	23
3.1. Observaciones .....	23
3.2. Conclusiones.....	24

## **Capítulo 1**

### **Proyecto Mejora Tecnológica Cuajone (PMTC)**

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único (Project Management Institute, Inc, 2013). En el caso particular de los proyectos de ingeniería y construcción, estos son conceptualizados con el principio fundamental de crear valor para la sociedad.

En Perú, el valor que se genera a partir de este tipo de proyectos representa, en términos económicos, cerca del 40% del PBI nacional debido su estrecha vinculación con el desarrollo de los sectores industria, infraestructura, minería y energía. En ese sentido, el rol de los ingenieros mecánicos resulta de vital importancia, pues sus competencias les permiten entender los principios físicos que gobiernan la materia, lo cual les permite emplear dicho conocimiento en el diseño de máquinas, procesos y/o plantas (fábricas).

En ese contexto, me permito sustentar mi experiencia profesional en base al desarrollo y ejecución de uno de los proyectos más importantes de ingeniería y construcción que pude liderar en el ejercicio profesional de mi carrera.

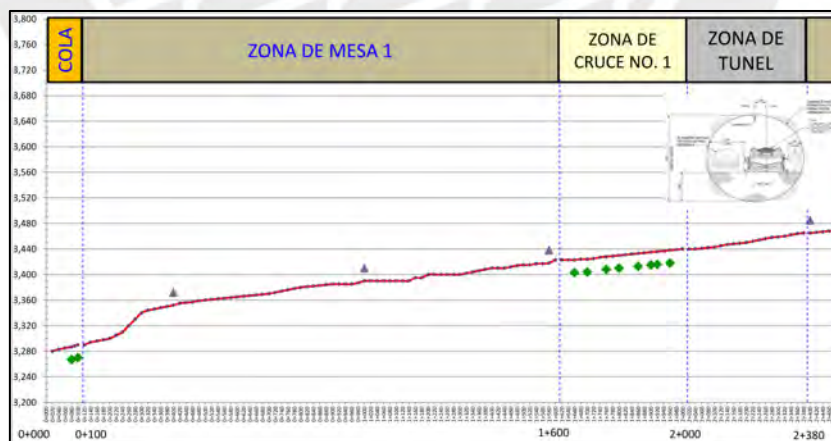
Este primer capítulo, pretende sintetizar, de la mejor manera, el alcance contractual del “Proyecto Mejora Tecnológica en el Sistema de Transporte de Mineral a la Concentradora Cuajone (PMTC)”, el cual lideré su ejecución desde junio de 2016 hasta finales de 2017, fecha en la cual culminó exitosamente nuestro Contrato.

#### **1.1. Alcance del Proyecto**

Southern Perú Copper Corporation (SPCC) diseñó el PMTC a fin de sustituir y optimizar el sistema de transporte principal de minerales que funcionaba en su momento en el centro minero Cuajone.

El alcance del Contrato incluyó la instalación de una nueva chancadora primaria giratoria, y un nuevo sistema de fajas, diseñado para transportar el material chancado hacia la pila de almacenamiento localizada en el área de la concentradora.

- **Alcance Contractual - Área 200:** Sistema de fajas sobre superficie: Instalación del sistema de transporte comprendido por una faja de ancho de 1.830 mm y una longitud total de 6515 m. El recorrido de esta faja (figura 1.1) consiste en 4885 metros de faja sobre terreno (tramo: overland), 330 metros dentro del túnel CV-201 y 1300 metros de tramo aéreo distribuidos a lo largo de 3 cruces de vía. Asimismo, el alcance del Contrato incluyó la instalación de dos motores tipo “gearless” de 6MW asociados a ciclo convertidores localizados al final de la misma, una sub-estación eléctrica y una torre de transferencia que interconectaba la faja CV-201 con otros tramos ejecutados por otras contratistas.
- **Alcance Adicional:** Una vez identificado los problemas existentes sobre la estabilidad del terreno y el nivel de fundaciones, se nos solicitó realizar las obras civiles de reforzamiento y control pluvial. Asimismo, debido a la falta de supervisión por parte del Cliente durante el proceso de fabricación de las estructuras hubo una gran cantidad de horas-hombre requeridas para realizar las modificaciones en Obra requeridas. Finalmente, debido al gran desempeño mostrado por el equipo de Graña y Montero en relación a los otros contratistas en sitio se nos adjudicó los siguientes alcances adicionales: el sistema contra incendios del PMTC, la instalación de la banda de la faja CV-203, el termino de trabajo de las líneas y sub-estaciones de media tensión, y el apoyo en el comisionamiento y puesta en marcha del PMTC incluyendo Chancadora, fajas y demás equipos del sistema.



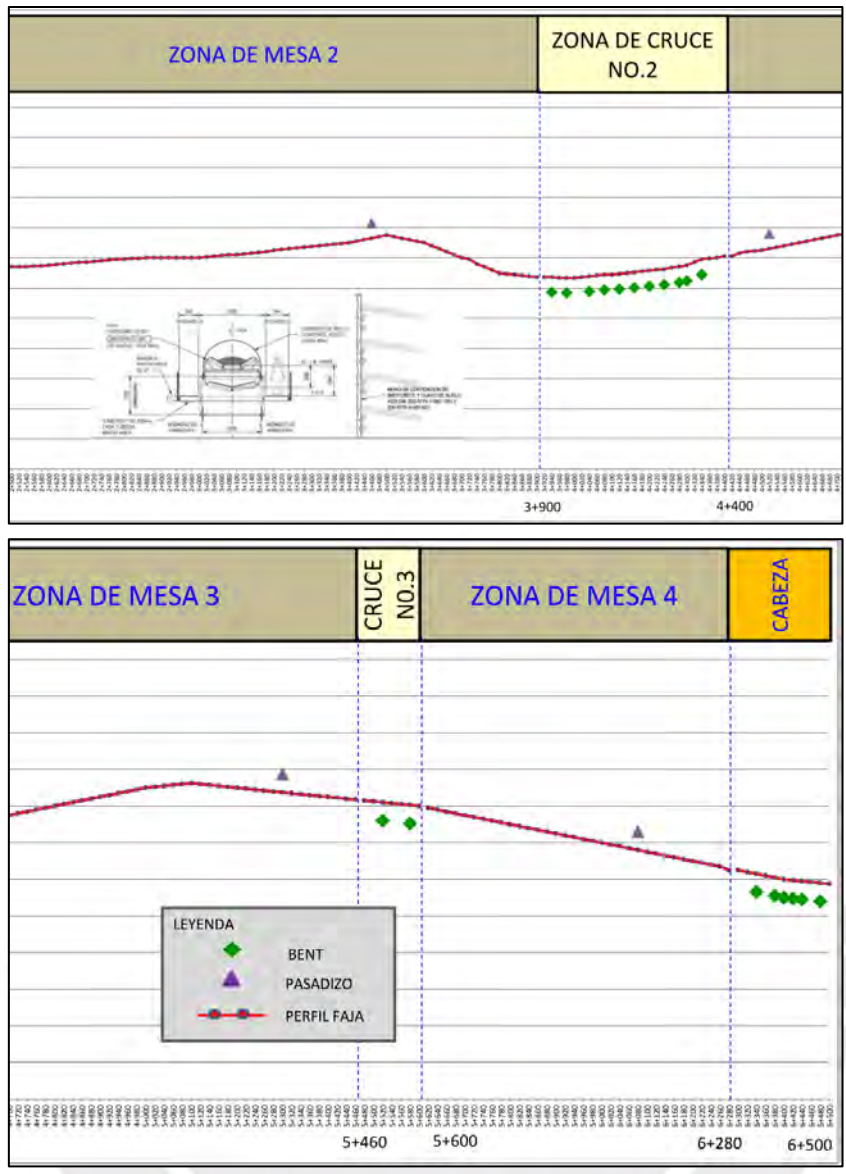


Figura 1. 1 Perfil de la Faja Transportadora CV-201 en esquemático.

**1.2. Diagrama de flujo del Proceso**

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso diseñado por Thyssenkrupp para el Cliente SPCC para el proyecto PMTC, donde se resalta en amarillo el alcance inicial contratado a GyM:

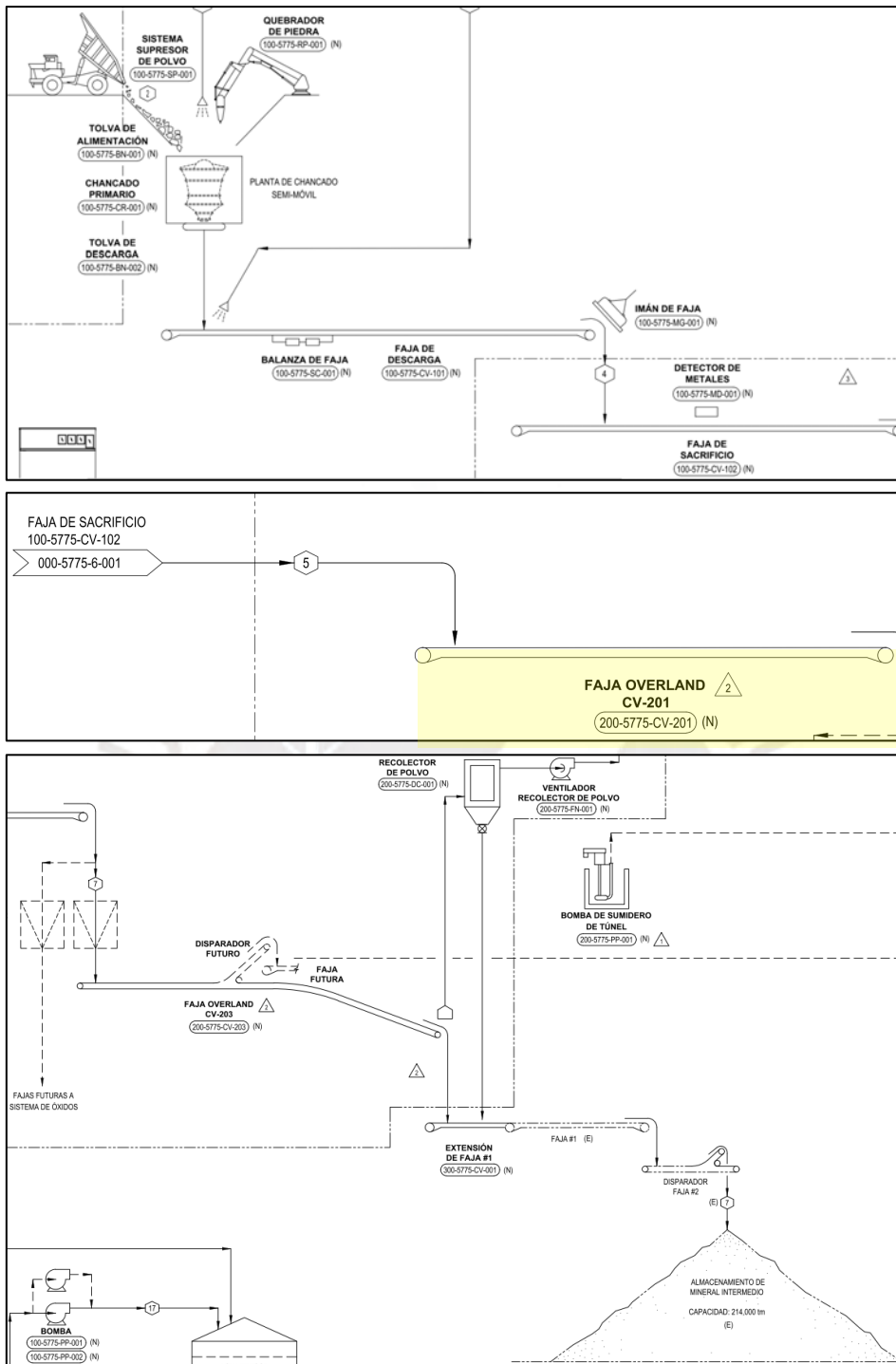


Figura 1. 3 Proyecto global PMTC - Instalación de la Faja Transportadora CV – 201

### 1.3. Partidas de mayor relevancia

Para mayor entendimiento de la cantidad de trabajo asociado a la ejecución de este Contrato, se procede a detallar las partidas más incidentes por disciplina:

- **Estructuras:**
  - Traslado de estructuras.

- Pre armado de estructuras según corresponda y montaje (3,285 toneladas).
- Retoques de pintura(touch up).

- **Mecánico:**

- Instalación de dos motores “gearless” (SIEMENS) de 6 000 Kw
- Instalación de poleas motrices, deflectoras.
- Instalación de 13.1 km de faja.
- Instalación y alineamiento de rodillos de carga y retorno
- Instalación del sistema de refrigeración e hidráulico de frenado.
- Instalación de la torre de transferencia y chute de descarga.

- **Electricidad e Instrumentación:**

- Instalación de 48.7 km de cable y 12.3 km de canalización
- Instalación de una subestación eléctrica (SIEMENS) dedicada para el PMTC
- Instalación del sistema de seguridad en base a Pull Cords.

#### 1.4. Plazo de Ejecución y Cronograma de Obra

El plazo del proyecto inicialmente fue previsto para 310 días calendarios; sin embargo, debido a la incertidumbre suscitada en los desplazamientos anómalos del suelo y las fundaciones ejecutadas por otros contratistas, este Contrato y sus alcances adicionales culminaron luego de 563 días.

En resumen:

	<b>Previsto</b>	<b>Real</b>
<b>Inicio</b>	08/06/2016	08/06/2016
<b>Fin</b>	13/04/2017	22/12/2017
<b>Duración (días calendario)</b>	310	563

Asimismo, en función del alcance inicial se presenta a continuación el Cronograma de Obra contractual, el cual sirvió para la medición y control del progreso de nuestras actividades.



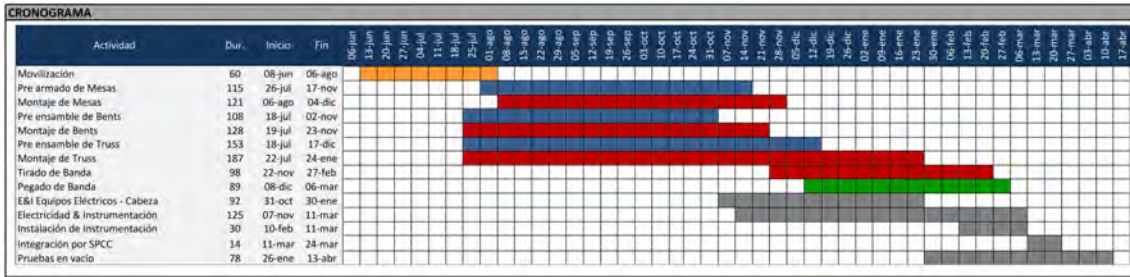


Figura 1. 2 Cronograma de Obra Contractual (Inicial)

### 1.5. Presupuesto del Contrato

Este proyecto, durante la fase de licitación, fue presupuestado bajo las siguientes premisas:

- Modalidad de Contrato: Precios Unitarios
- Cantidades (metrados) referenciales de Ingeniería Básica.
- Plazo del proyecto: 310 días

Sin embargo, durante la ejecución del proyecto, como se ha indicado anteriormente, se logró identificar las siguientes desviaciones en relación con el alcance contratado inicialmente. La primera, fue la subestimación sobre la inestabilidad del terreno y por ende, la falta de implementación de un riguroso estudio de suelos que permita el mejoramiento del mismo. La segunda desviación más significativa fue el cambio de cantidades identificada posterior a la culminación de la ingeniería de detalle por Thyssenkrupp, el metrado aumentó un 52% aproximadamente. Finalmente, en vista del desempeño mostrado por el equipo de Graña y Montero y al mayor plazo de ejecución requerido para la ejecución del alcance, el Cliente decidió otorgar mayor alcance y disminuir el riesgo al establecer como subcontratista principal de la construcción de los trabajos pendientes a GyM.

En base a lo anterior, el costo del Contrato previsto aumentó significativamente como se muestra a continuación:

	Previsto	Real
<b>Monto de la Obra</b>	US\$ 12'503,406.64 (más IGV)	US\$ 27'854,905.8 (más IGV)

La creación de valor para el Cliente, en relación con este proyecto, se entiende del contexto que previo a su ejecución el material producido durante el proceso de extracción de esta mina era transportado por medio de un ferrocarril, cuya antigüedad era cercana a no menos de 40 años y cuyo costo de mantenimiento resultaba muy elevado según comentarios del Cliente.

En ese sentido, el objetivo del Proyecto PMTC era disminuir el costo de operación en el largo plazo por medio de instalación de una nueva chancadora primaria y una faja transportadora que sustituya en mayor medida el uso del ferrocarril existente.

### 1.6. Organigrama de ejecución de Obra

En relación con la magnitud del proyecto y su complejidad, la empresa dimensiona el organigrama de construcción en conjunto con la gerencia responsable de su ejecución. A continuación, se presenta el organigrama inicial de Obra, el cual fue actualizado incorporando el personal adicional que fuese requerido según las necesidades durante el desarrollo de este.

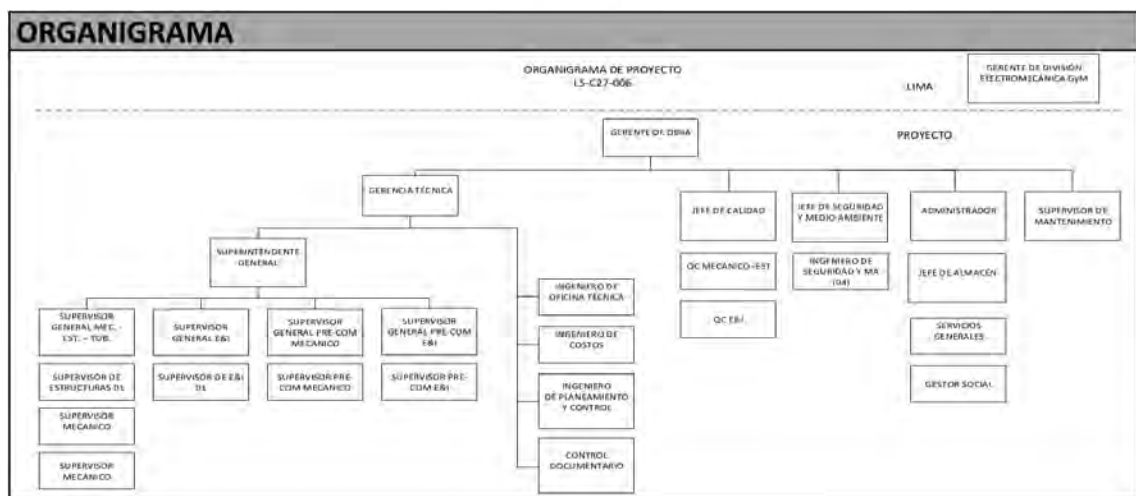


Figura 1. 4 Organigrama de GyM para la ejecución del Proyecto PMTC.

#### ○ Equipo de Obra

Cargo	Nombre
Gerente de División:	Ing. José Luis Romero.
Gerente de Obra:	Ing. Paul Falen Valdez
Gerente Técnico:	Ing. Christian Tipacti Requejo
Superintendente General:	Ings. Walter Milla Perez / Jorge Vargas Felix
Administrador de Contrato:	Ing. Patricia Muñoz Regis
Administrador de Obra:	Lics. Julio Izquierdo Henriquez / David Horna Rivera
Jefe de oficina Técnica:	Ing. Karol Grandez Rojas
Jefe de Control de Calidad:	Ings. Miguel Aleluya Palacios / José Degregori Guevara
Jefe de Seguridad:	Ings. Luis Vasquez Salazar/ Jorge Olivera
Jefe de Equipos:	Ings. Javier Perez/ Sergio Aguilar Huerto
Jefe de Almacén	Charles Luna Hilaes
Jefe de Personal	Marco Milla
Ingeniero de Costos:	Ing. Enry Luna Chaisa
Ingeniero de Campo:	Ing. Renzo Vidal

Figura 1. 5 Organigrama de GyM por responsables para la ejecución del Proyecto PMTC.

## **Capítulo 2**

### **Competencias desarrolladas durante el ejercicio profesional**

En función al alcance contractual anteriormente descrito, en este capítulo, se procederá a exponer las competencias profesionales más relevantes que han sido desarrolladas durante la ejecución del proyecto en mención.

En principio, se expondrán algunas de las habilidades técnicas más relevantes asociadas a los trabajos desarrollados durante la fase de construcción (alcance contractual inicial) y puesta en marcha (alcance adicional), los cuales han sido ejecutados en cumplimiento de los estándares del proyecto, normativa nacional y parámetros de control de la calidad (establecidos por el Cliente y Tyssenkrupp, quien ha desarrollado la ingeniería de este Proyecto).

Como ingeniero de campo y responsable de las actividades sobre la ejecución de la Obra, las competencias técnicas más importantes desarrolladas se vinculan a la elaboración y supervisión de la formulación de procedimientos de construcción, los cuales permiten la correcta dirección y ejecución de los trabajos. Estos, en su mayoría, contienen la siguiente información mínima:

- Información o documentación técnica (especificaciones técnicas, normativas, planos o sketches) donde se encuentre el detalle de la información del trabajo a realizar.
- Procedimiento detallado del trabajo, en base a la información técnica del punto anterior, donde se explique paso a paso cómo debe realizarse la tarea.
- Matriz de riesgos de seguridad asociados a la ejecución de la actividad.
- Plan de puntos de inspección de la actividad y parámetros técnicos de aceptación, los cuales permitan confirmar, mediante diferentes puntos de inspección, la correcta ejecución de la actividad en cuestión.

En base a lo anterior, se procede a exponer los procedimientos más relevantes para este proyecto:

#### **2.1. Montaje de la estructura de la Faja CV-201**

La Faja CV-201 tiene una longitud total de aproximadamente 6.5 kilómetros distribuidos en tramos no continuos sobre el ras del suelo (tramo overland igual a 4.9 km) y tramos elevados o en voladizo debido a los cruces requeridos para evitar interferencia con la vía principal de camiones mineros.

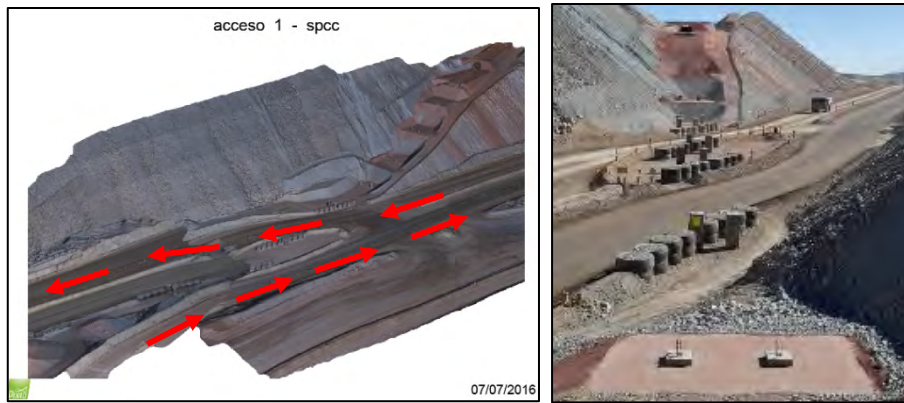


Figura 2. 1 Imagen extraída del dron (levantamiento topográfico) donde muestra la ruta de camiones mineros en rojo.



Figura 2. 2 Foto tomada durante la fase de construcción del Cruce 1, tramo en voladizo a fin de evitar la interferencia con la vía principal de camiones mineros.

En ese sentido resulta imprescindible la elaboración de un conjunto de procedimientos que brinde las directrices necesarias para el correcto montaje e instalación de la estructura principal que soporte a la Faja CV-201.

En primer lugar, se debe hacer una verificación topográfica de la ubicación de las cimentaciones y de las coordenadas de los pernos de anclaje, puesto que esto permite la compatibilización en la interfase de la disciplina civil (alcance ejecutado por otras contratistas) con el montaje de las estructuras.

Una vez culminada esta verificación, se procede a instalar la estructura metálica en conformidad con los planos de montaje o marcas.

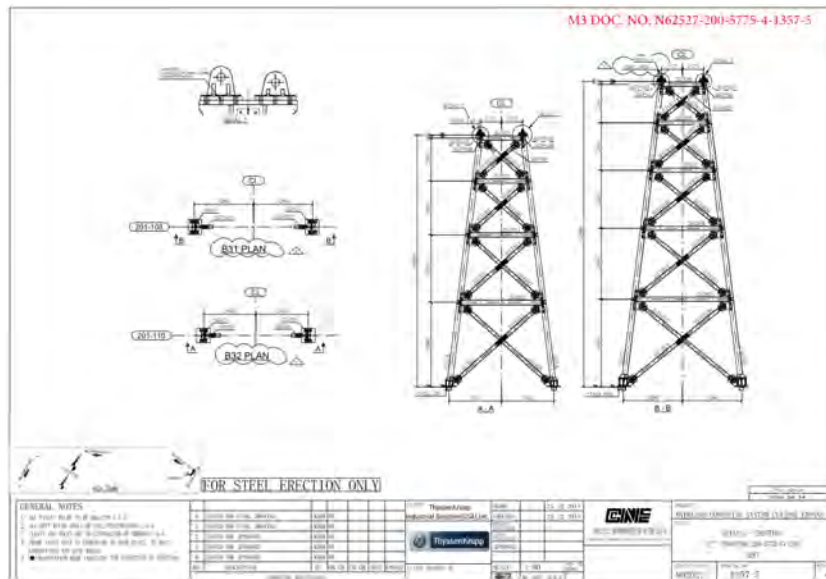


Figura 2. 3 Plano de Construcción Bent 31, 32, donde se indica el nivel de la placa base de la estructura – Tyssenkrupp

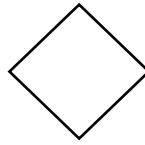
Como se aprecia en la imagen, esta documentación técnica brinda información de conexiones y elementos para su ensamble con la cual se puede dimensionar los recursos requeridos para la actividad, de los cuales podemos nombrar la siguiente lista:

- Estación total (con calibración vigente) para la verificación topográfica
- Torquímetro para revisión del par de apriete
- Máquina de soldar
- Taladro
- Elementos de maniobra
- Herramientas manuales
- EPPs

Para el cuidado del personal, se exige el uso de equipos de protección personal, los cuales permiten mitigar, en parte, el peligro intrínseco de realizar una actividad.

Para concluir la instalación de la estructura esta debe encontrarse alineada en todos sus ejes, con el par de apriete correspondiente y verificada topográficamente. Con la conclusión de las actividades antes mencionadas, la actividad de instalación de la estructura puede considerarse correctamente terminada.

En el caso de la Faja CV-201, tuvimos que hacer diferentes procedimientos en función a la complejidad del tipo de estructura. En el siguiente flujograma se presentará mayor detalle de lo enunciado:



Peso de elementos y accesibilidad para su instalación

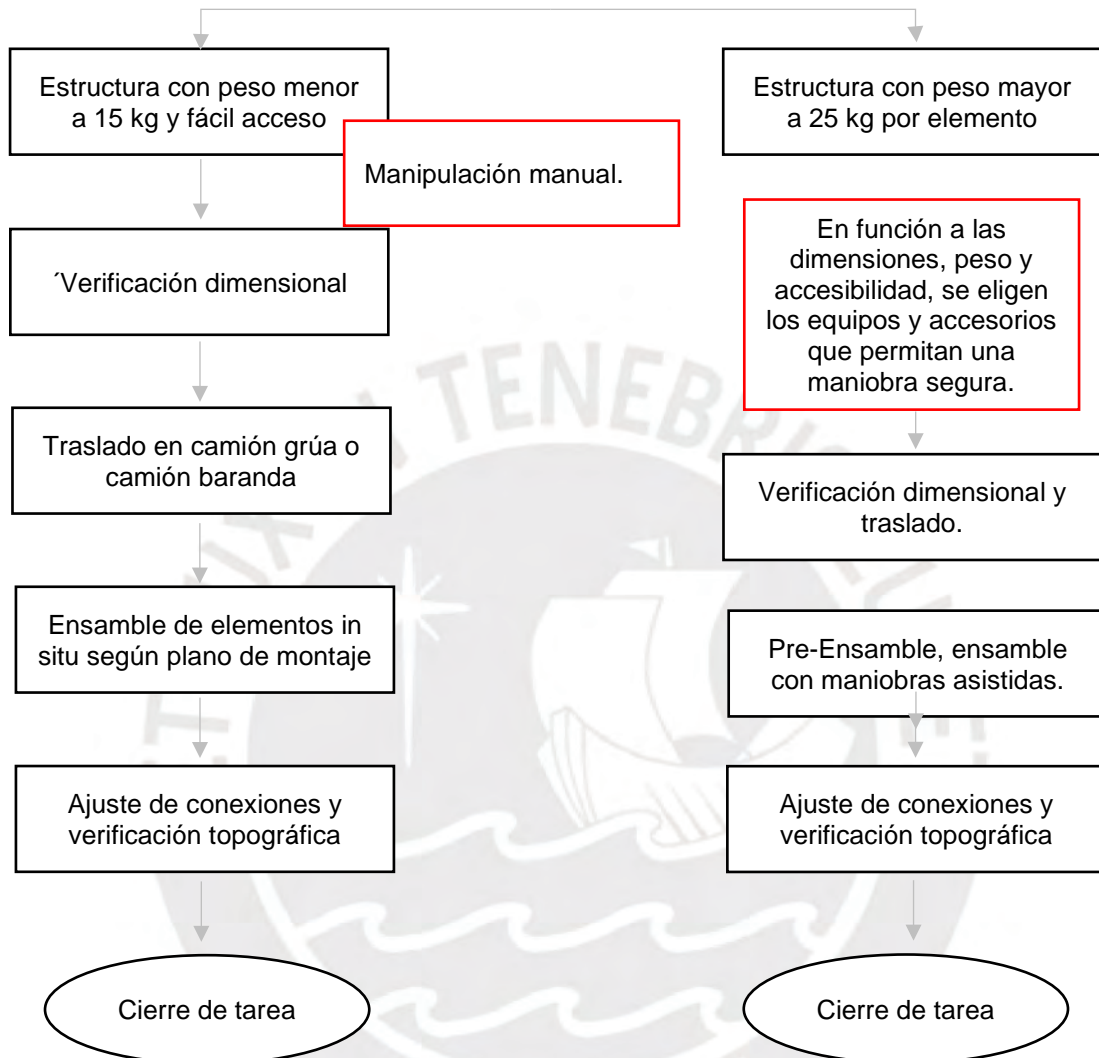


Figura 2. 4 Flujograma para el montaje de estructura metálica.

Una de las premisas de seguridad de mayor consideración a fin de evitar alguna lesión sobre el personal operativo durante la ejecución de este tipo de actividades de montaje es la manipulación de objetos con un peso no mayor a 15 kg, por ello, según el análisis del responsable de la supervisión por parte de GyM se exigió, según sea el caso, el uso de equipos que permitan asistir la maniobra. No obstante, al utilizar este tipo de equipos se exige también que el personal tenga mayor experiencia en maniobras debido a que los mismos agregan una condición adicional de potencial peligro durante la ejecución de la actividad.

Para los casos de mayor criticidad, o cuando la situación lo amerite, las maniobras serán asistidas mediante grúas móviles. En estos casos, el procedimiento de ejecución de la actividad debe contar con un documento adicional que permita tanto al operador en piso como el del vehículo coordinar el paso a paso de la tarea. El documento técnico requerido es el "Rigging Plan", el cual contiene toda la información pertinente y los procedimientos necesarios que definen cómo será conducida la maniobra (Bechtel Equipment Operations Rigging Department, 2002) debe ser elaborado y revisado por un ingeniero mecánico, en cumplimiento de las recomendaciones de la Norma ASME B30, pues este se encuentra capacitado para verificar las condiciones de carga y esfuerzo a los que estarán sometidos los aparejos de izaje.

A continuación, se muestra uno de los rigging plans desarrollados para una maniobra con dos grúas en medio del Cruce 2, la ejecución de esta requirió además una coordinación con el Cliente debido a que para dicha maniobra era necesario cerrar la vía principal de camiones mineros. En ese sentido, resultó necesaria la implementación de dos procedimientos adicionales: Uno para el cierre de vía de camiones mineros y otro, para el traslado de carga en camión con patín modular, finalmente.

**PLAN TÉCNICO DE CARGA (Eje de 2 grúas en izaje)**

Proyecto: [ ] Autorizado por: [ ] Fecha: [ ]  
 Proyecto No.: [ ] Aprobado por: [ ] Fecha: [ ]  
 Empresa: [ ] Revisado por: [ ] Fecha: [ ]

**Características de la carga:**

Material:	[ ]
Peso:	[ ] kg
Longitud:	[ ] m
Altura:	[ ] m

**Características de las grúas:**

Grúa	Modelo	Peso	Capacidad
1	[ ]	[ ] kg	[ ] kg
2	[ ]	[ ] kg	[ ] kg

**Características de los cables:**

Cable	Material	Diámetro	Tensión
1	[ ]	[ ] mm	[ ] kg
2	[ ]	[ ] mm	[ ] kg

**Diagrama Técnico:** [Diagram showing crane positions, load, and dimensions]

**Tabla de Cálculos:**

Ítem	Valor	Unidad
Peso total	[ ]	kg
Tensión por cable	[ ]	kg
Factor de seguridad	[ ]	-

**APROBACIONES:**

Elaborado por: [ ]  
 Revisado por: [ ]  
 Fecha: 15-05-16

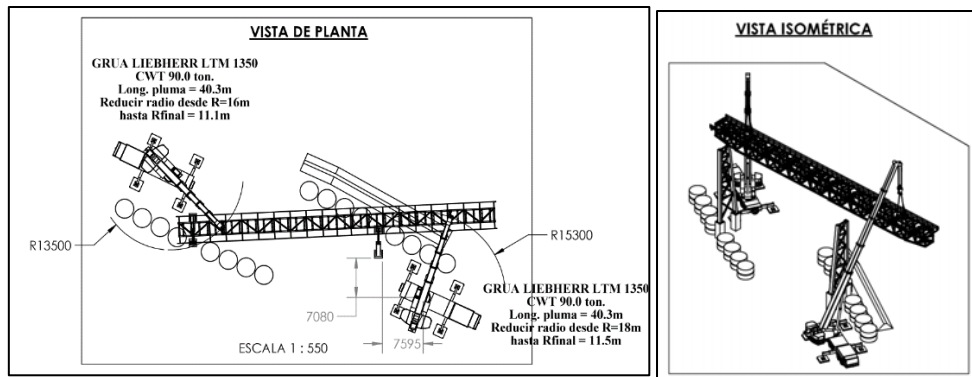


Figura 2. 5 Rigging plan del Truss T6 – Faja CV201



Figura 2. 6 Pre-Ensamble de estructura en zona de almacén



Figura 2. 7 Traslado de Truss en camión con patín modular





Figura 2. 8 Secuencia de montaje

A pesar de la criticidad de algunas maniobras de montaje debido a la utilización de equipos de izaje como grúas móviles, en algunas ocasiones resulta no ser el peso el mayor determinante para el uso de una maniobra asistida con equipo, tal es el caso suscitado dentro del túnel ubicado a unos metros del Cruce 1, debido a la pendiente y falta de accesos en su interior.



Figura 2. 9 Instalación de tramo overland al interior del túnel CV-201

Como se aprecia en la figura 2.9, el tramo de faja overland comprendido al interior del túnel presentaba una dificultad por falta de accesos para el acarreo de material y la poca visibilidad a lo largo de sus 300 metros. Por consiguiente, resultó un desafío de innovación para la fase de construcción. Es así que en coordinación con el departamento de ingeniería de layher (proveedor de andamios) se diseñó con el material en Obra, un medio de transporte para el material preensablado de las “mesas”.



Figura 2. 10 Caso de innovación para traslado del marco estructural de las mesas dentro del túnel CV-201

Como se ha indicado, para los trabajos de instalación de estructuras de mesas (tramo overland) al interior del túnel desde progresivas P2+050 a P2+380, debido a la imposibilidad de uso de camión grúa o algún otro vehículo para transportar las estructuras hasta el punto de instalación, así como el reducido espacio al interior del túnel, se utilizó una plataforma rodante de andamios (medio de transporte) con una capacidad de carga de 1000kg certificada por nuestro proveedor de andamios LAYHER, el cual permitiría trasportar las mesas cuyo peso aproximado es de 350kg a través del túnel hasta su punto de instalación. Este sistema facilitaría el montaje de la mesa debido a que permite regular la altura de la plataforma a la necesaria para asegurar la mesa a sus soportes.

## 2.2. Tendido de Banda y Empalme: Faja CV-201

Posterior a la instalación de las estructuras y el montaje de las poleas se ejecuta el tirado de banda (longitud efectiva 300 m) y el empalme respectivo a fin de brindar continuidad entre dos tramos seguidos y poder obtener el largo total para la faja.

Previo a proceder con la instalación de la faja debe haber un aseguramiento sobre los trabajos previos ejecutados, es decir la correcta ejecución del montaje de sus estructuras y polines, en nivel, alineación y ajuste respectivo según las especificaciones de ingeniería.

Este procedimiento en particular es de mayor criticidad y complejidad que el montaje de estructuras descrito en el acápite anterior, pues requiere de personal con otro tipo de competencias y experiencias que permitan garantizar la ejecución de esta actividad de manera correcta y segura. Por ello, el personal involucrado es identificado como personal autorizado y reciben constantemente capacitación.

A continuación, se describirá de manera resumida el esquema utilizado para el tirado de banda y posterior empalme entre tramos:

- La faja en la mayoría de casos se transporta en carretes (ovoides) que permiten que sea retirada de manera controlada, pues la geometría que presentan hace que la inercia de su masa actúe como freno ante el giro del carrete y evite algún tipo de embalamiento.
- En función a las dimensiones que presenta se debe fabricar una especie de Atril que permita el giro libre del carrete y el retiro fácil de la faja.

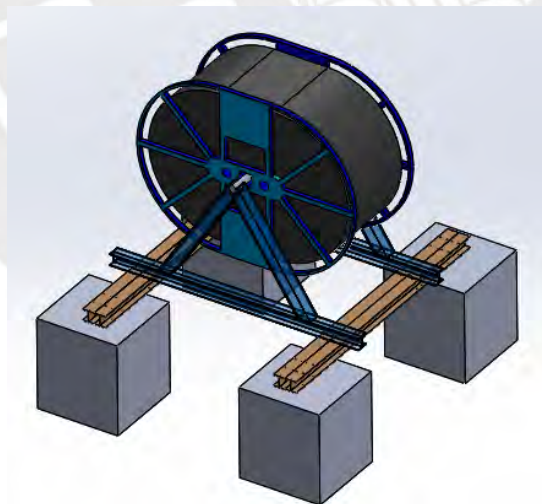


Figura 2. 11 Atril para la estación de tenido de banda CV-201.

- El carrete de la faja es instalado en el atril descrito en el sentido requerido, en caso sea el lado de carga el que se requiera o el lado de descarga. Esto tiene que ver con la conformación de la faja y cuál de los lados ofrece mayor superficie preparada para el inminente desgaste.

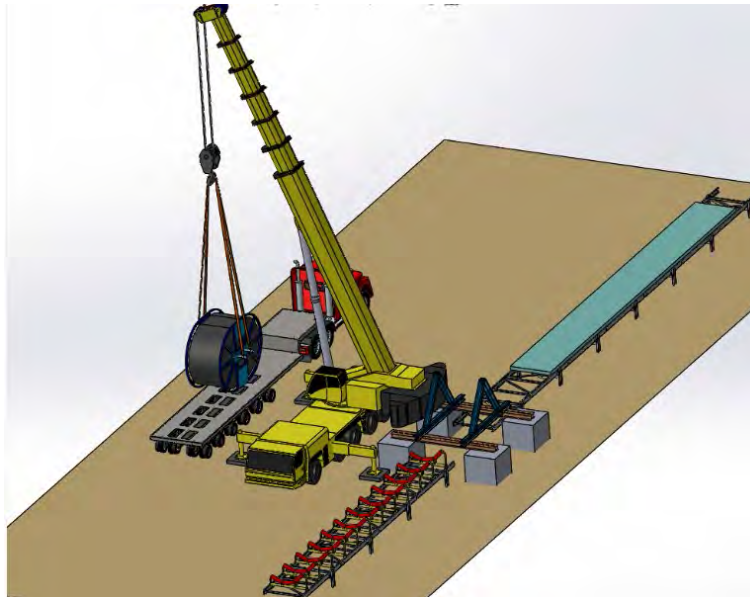


Figura 2. 12 Esquema de la maniobra de instalación del carrete de faja sobre atril.

- Luego de debe intervenir la punta con la que iniciará el retiro para acondicionar un sujetador tipo prensa con el objetivo de poder anclarse a este dispositivo y poder realizar la maniobra de desenrollado de la faja.

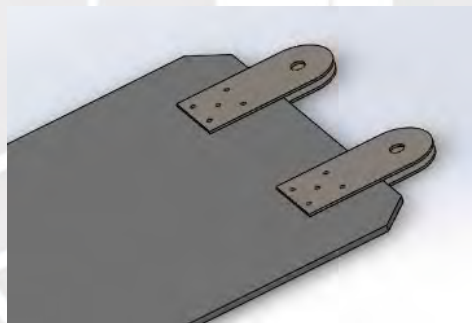


Figura 2. 13 Dispositivo tipo prensa para el retiro de faja.

- Finalmente, la maniobra se define con una serie de poleas que redireccionen el sentido del tendido fuera del eje de la estructura ya instalada de la faja.

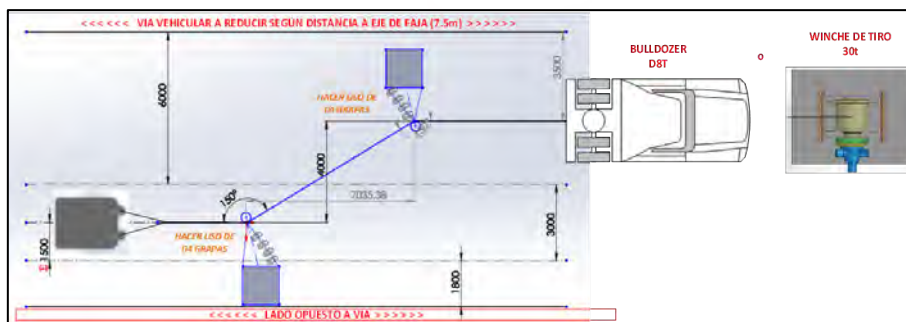


Figura 2. 14 Esquema de maniobra para el tirado de banda

Las actividades anteriormente descritas, así como los componentes fabricados, maniobras, etc. son respaldadas por la asociación internacional CEMA la cual define los métodos de cálculo sobre los cuales se diseña la faja y las fuerzas asociadas durante el tirado de banda.

**MEMORIA DE CÁLCULO PARA EL TIRADO DE FAJA CV-201**

PREPARADO POR:	KAROL GRANDEZ	Jefe de oficina técnica	
REVISADO POR:	CRISTHIAN TIPACTI	Gerente Técnico	



---

**A) CALCULO DE LA TENSION EN CORREA CVB-201 (segun CEMA), Ancho 72" (1829mm)**

$T = L \cdot Kt \cdot (Kx + Ky \cdot Wb + 0,015 \cdot Wb) + Wm \cdot (L \cdot Ky + H) + Tp + Tam + Tac$   
 (Ref. CEMA, Capitulo 6)

**RESUMEN**

Sez:	L	=	296	: Longitud de la Correa por tramo [m]
	Kt	=	1	: Factor de Corrección por Temperatura
	Kx	=	var	: Factor de resistencia friccional de los polines y al deslizamiento entre la cinta y polines.
	Ky	=	0.016	: Factor que combina la resistencia de la cinta y la resistencia por sobre los polines.
	Wb	=	92.33	: Peso de la cinta en [lb/ft]
	Wm	=	0	: Peso del material en libras [lb/ft]
	H	=	var	: Distancia vertical cuando el material es elevado o bajado.
	Tp	=	var	: Tensión resultante de la resistencia de la cinta a flexión alrededor de las poleas, y la resistencia de la polea a la rotación.
	Tam	=	n/a	: Tensión resultante de la fuerza para acelerar el material continuamente para alimentación.
	Tac	=	n/a	: Total de tensiones de los accesorios de la Correa: Tac = Tab + Tpl + Ttr + Tbc.

Figura 2. 15 Carátula de la memoria de cálculo para el tirado de banda.

Cabe resaltar que las estaciones de trabajo se definen según la capacidad máxima de carga del winche (equipo utilizado para el tirado de banda), la capacidad de los frenos, y las condiciones de terreno (pendientes, accesos, etc. a fin de posicionar las estaciones de empalme).

Una vez culminado el tendido de banda de dos tramos continuos se debe dejar un traslape entre las puntas a fin de poder realizar el empalme entre ambos tramos. Para el proyecto PMTC, GyM contrató a una empresa especializada en este tipo de actividades (CBT – Conveyor Belt Technology), que brinde las garantías requeridas y tenga los equipos necesarios propios de esta tarea.

- Como se indicó anteriormente, las puntas de ambos tramos deben traslaparse a fin de poder realizar el empalme.

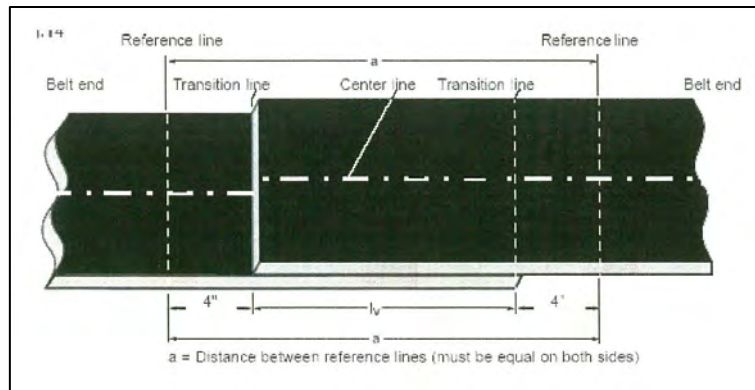


Figura 2. 16 Zonas en el traslape entre tramos continuos de faja.

- Luego, se procede a descubrir los cables de acero los cuales conforman la estructura principal que soportan las condiciones de trabajo.

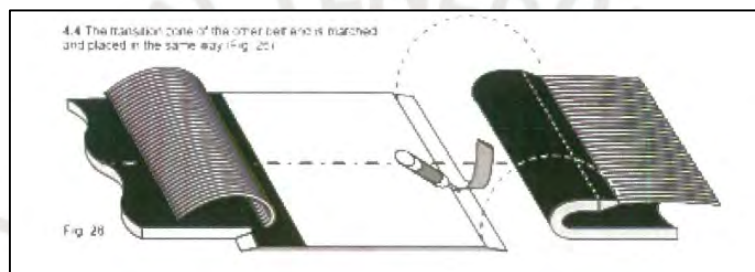


Figura 2. 17 Cables descubiertos de las fajas a empalmar.

- En conformidad a la normativa internacional a solicitud del desarrollador de la ingeniería de este Proyecto, se estableció que el empalme de banda debía ser realizado en conformidad con la Norma DIN 22 131-4, la cual recomienda el diseño del empalme.

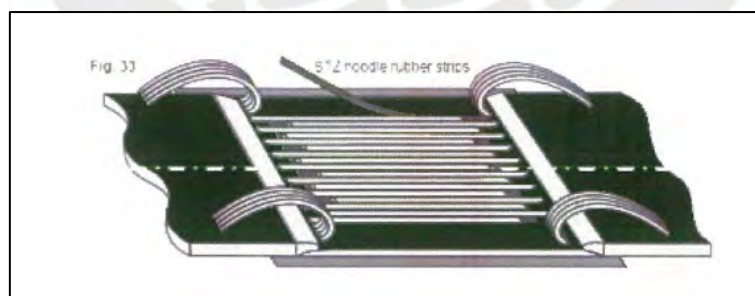


Figura 2. 18 Diseño del empalme entre fajas.

- Finalmente, el proceso culmina con la vulcanización del empalme

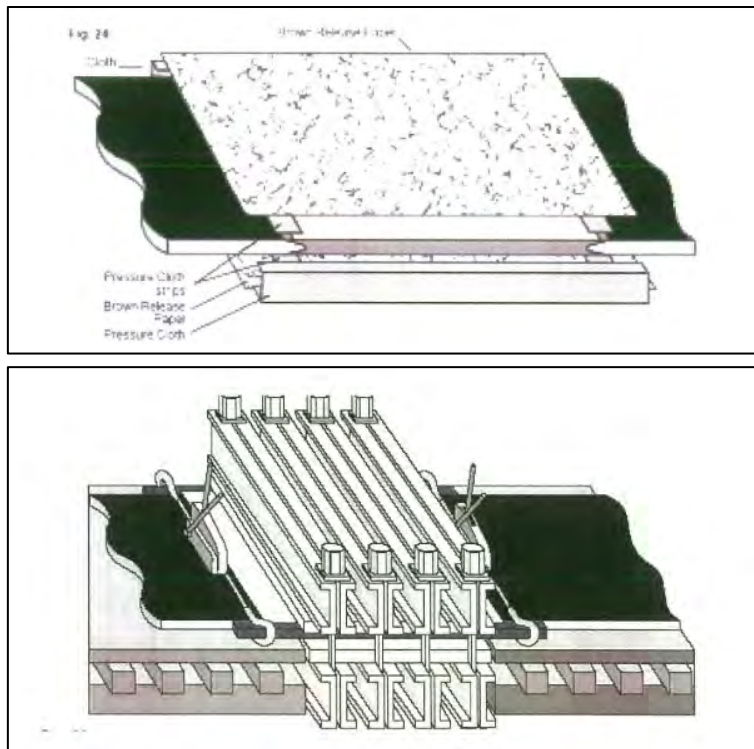


Figura 2. 19 Proceso de vulcanizado del empalme.



Figura 2. 20 Secuencia del empalme de banda.

## **Capítulo 3**

### **Observaciones y Conclusiones**

#### **3.1. Observaciones**

A continuación, se enumeran algunas observaciones identificadas durante la ejecución del proyecto:

- En relación a los objetivos de la empresa, el éxito de este Proyecto se evidenció en el margen obtenido en base al monto final del Contrato, el cual incluyó un alcance adicional solicitado por Southern producto de las deficiencias del terreno, errores en las cantidades, entre otras.
- Una particularidad de este proyecto fueron los asentamientos de las estructuras producto posiblemente a una falta de supervisión durante la ejecución de las obras civiles o a un deficiente estudio geotécnico que permitiera anticipar dicha situación, lo cual repercutió en el costo y plazo del proyecto.
- Por otro lado, para las maniobras de izaje el cuerpo a levantar es considerado como una masa que es desplazada por una fuerza vertical igual al peso de ella considerando un adicional sobre este que incluya la masa de los aparejos, gancho de la grúa, entre otros. No resulta necesario un análisis que contemple los factores dinámicos sobre la carga debido a que el movimiento se hace a velocidad constante y los factores de seguridad de los aparejos se encuentran en el orden de 6, a excepción de ciertas recomendaciones ya establecidas como la velocidad máxima del viento a la cual se permite un izaje.
- En general, para este tipo de proyectos se deben escoger proveedores que dentro de su oferta contemplen el soporte técnico, tal y como se evidenció en la solución innovadora que se empleó en el túnel CV-201, pues fue la empresa Lahyer (proveedor de andamios) quienes realizaron la memoria de cálculo que permitió validar la propuesta de solución y con garantizar un trabajo seguro.
- El organigrama del proyecto debe ser definido en base a la experiencia de las personas que vayan a integrar el equipo de Obra, pues esta misma es la que permite identificar de manera oportuna las actividades de mayor criticidad en el proyecto. Asimismo, los profesionales involucrados deben ser de las especialidades más familiarizadas con la complejidad de estas actividades, tal que puedan ser criteriosos en la toma de decisiones.



### 3.2. Conclusiones

Finalizado el proyecto PMTC - Montaje de Faja Transportadora de 72" y Torre de Transferencia se infieren las siguientes conclusiones:

- Un factor fundamental para los contratos del tipo Precios Unitarios, durante la etapa de licitación, es la definición, en coordinación con el desarrollador de la ingeniería, de las cantidades globales del proyecto y su margen máximo de variación de tal forma que el sinceramiento de las durante el desarrollo de la ingeniería de detalle no impacte en el costo total del proyecto. Situación que no ocurrió en este proyecto y que benefició a la empresa constructora.
- Por otro lado, una anticipada planificación permite evaluar posibles restricciones para una secuencia constructiva y resolver o mitigar de mejor manera cualquier imprevisto no contemplado durante la fase de ideación que se pueda presentar durante la ejecución. Esto se evidencia en la mayor cantidad de horas hombre que se debieron emplear en la modificación de estructuras fabricadas por un proveedor del Cliente que fueron valorizadas como una partida adicional pero que no impactó en el plazo del proyecto.
- Luego de culminar este proyecto, puedo concluir que son la experiencia, el criterio y la adaptabilidad, las cualidades del equipo de Obra que permitieron finalizar un proyecto de esta envergadura sin accidentes y con la satisfacción del Cliente.
- Asimismo, mediante el presente informe se ha evidenciado parte de las competencias adquiridas y desarrolladas por el bachiller a fin de que las mismas resultan suficientes para optar por el Título de Ingeniero Mecánico y esto permita continuar su desarrollo profesional.