

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**EL SISTEMA BLONDIN EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA  
PRESA Y COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

**Ken Efrén Cárdenas Palomino**

**ASESOR: Iván Enrique Bragagnini Rodriguez**

Lima, Octubre de 2015

## RESUMEN

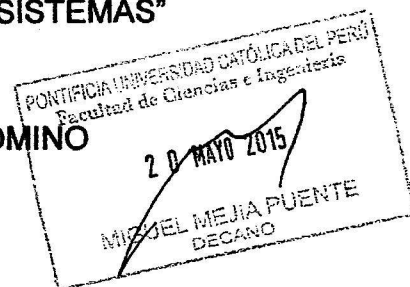
El proyecto hidroeléctrico Cerro del Águila está situado en los distritos de Colcabamba y Surcubamba, en la provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica. El presente estudio se centra en la actividad de vaciado de concreto al cuerpo de la presa.

Para tal actividad se implementa, por vez primera en el Perú, el sistema blondin de tipo radial con capacidad de carga de 28 toneladas, el cual consiste en un punto fijo y uno móvil bastante ancho para cubrir toda el área de trabajo. Además, está compuesto por dos cables de suspensión, un cable de traslación unido en forma de anillo cerrado conectado a un carro y un cable de elevación que va a mover un sistema denominado gancho, con el cual se transportará la cubeta de vaciado. Este sistema permite el vaciado de concreto de manera rápida en lugares inaccesibles debido a la reducida área de trabajo.

El objetivo principal es describir, analizar y comparar al sistema blondin con el sistema tradicional de vaciado conformado por camión “mixer” y volquete, para obtener las conclusiones y recomendaciones que permitan su implementación en futuros proyectos hidroeléctricos en nuestro país.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : "EL SISTEMA BLONDIN EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PRESA Y COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS"  
Área : Construcción y Gestión  
Asesor : Ing. Iván Bragagnini  
Alumno : KEN EFRÉN CÁRDENAS PALOMINO  
Código : 2009.0482.412  
Tema N° : # 243  
Fecha : 11 de mayo de 2015



**INTRODUCCIÓN**

El proyecto hidroeléctrico Cerro del Águila está ubicado en los distritos de Colcabamba y Surcubamba, pertenecientes a la provincia de Tayacaja de la región Huancavelica.

La planta hidroeléctrica tendrá una potencia nominal de 510 MW y para su funcionamiento se utilizarán las aguas del río Mantaro.

La importancia de este proyecto radica en la instalación, por primera vez en el Perú, del sistema Blondin Radial para el vaciado del concreto, lo que permite rendimientos importantes en dicho vaciado. Además, este tipo de vaciado se produce de manera rápida y en lugares inaccesibles.

Debido a que los espacios en la construcción de presas son muy reducidos, el sistema Blondin facilita el desarrollo de su proceso constructivo.

**OBJETIVO**

El objetivo principal de la tesis es analizar el sistema Blondin. Para ello, se describirá su instalación *in situ* y se lo analizará comparándolo con los sistemas tradicionales.

La investigación en obra permitirá obtener ratios, dificultades, limitaciones, conclusiones y recomendaciones, lo cual servirá para su implementación en futuras construcciones de presas en grandes volúmenes, en especial en lo relacionado con el concreto compactado con rodillo (CCR).

El otro objetivo principal es dar a conocer el sistema Blondin, ya que su uso es poco conocido y difundido a nivel internacional y, sobre todo, en el Perú.

También que sirva de consulta para ingenieros dedicados a la construcción de obras de infraestructura.



## PLAN DE TESIS:

### Primera Revisión.-

- Introducción
- Situación a Investigar
  - Antecedentes y Justificación.
  - Objetivos
- Alcances
- Generalidades
  - Descripción General del Proyecto
  - Descripción General del Sector Presa
- Marco Teórico
  - Sistema de Vaciados Blondin
  - Definición
  - Partes del Blondin Radial
  - Especificaciones Técnicas

### Segunda Revisión.-

- Sistema Blondin en Etapa de Proyecto
  - Estudios preliminares (evaluación de taludes)
- Criterios de análisis
  - Análisis de Estabilidad
  - Análisis Estructural
  - Cargas
  - Condiciones de Contorno
  - Modelo Geotécnico Geológico
  - Modelo Estructural
- Evaluación Técnica
  - Estabilidad por Volteo
  - Estabilidad por Desplazamiento
  - Estabilidad Interna Estructural
  - Evaluación de Riesgos

### Tercera Revisión.-

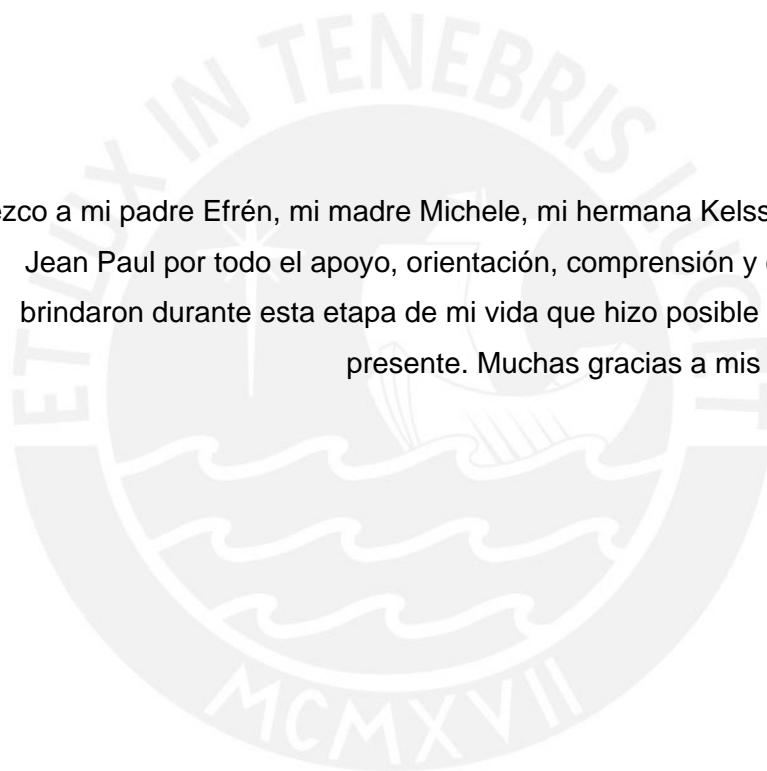
- Construcción del Sistema Blondin
  - Etapas de Construcción
  - Presupuesto
  - Cronograma de Ejecución
- Análisis Comparativo del Sistema Blondin
  - Carta Balance
  - Resultados
  - Comparación de Resultados
- Conclusiones y recomendaciones
- Bibliografía

*Maximo: 100 paginas*



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi padre Efrén, mi madre Michele, mi hermana Kelssy y a mi hermano Jean Paul por todo el apoyo, orientación, comprensión y confianza que me brindaron durante esta etapa de mi vida que hizo posible la elaboración del presente. Muchas gracias a mis amigos y amigas.



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>CAPÍTULO 1: SITUACIÓN A INVESTIGAR</b> .....	16
1.1. <i>Antecedentes y justificación</i> .....	16
1.1.1. <i>Antecedentes</i> .....	16
1.1.2. <i>Justificación</i> .....	16
1.2. <i>Objetivos</i> .....	17
1.2.1. <i>Objetivos generales</i> .....	17
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	17
1.3. <i>Alcances</i> .....	17
<b>CAPÍTULO 2: GENERALIDADES</b> .....	19
2.1. <i>Descripción general del proyecto</i> .....	19
2.2. <i>Descripción general del sector "Presa"</i> .....	21
<b>CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO</b> .....	28
3.1. <i>Definición del sistema blondin</i> .....	28
3.1.1. <i>Definiciones básicas</i> .....	28
3.1.2. <i>Partes del sistema blondin</i> .....	29
3.2. <i>Especificaciones técnicas</i> .....	39
<b>CAPÍTULO 4: SISTEMA BLONDIN EN ETAPA DE PROYECTO</b> .....	40
4.1. <i>Estudios preliminares</i> .....	40
4.1.1. <i>Punto móvil</i> .....	41
4.1.1.1. <i>Evaluación de taludes</i> .....	41
4.1.1.2. <i>Criterios de análisis</i> .....	47
4.1.1.3. <i>Evaluación técnica</i> .....	51
4.1.1.4. <i>Plano de detalles</i> .....	54
4.1.2. <i>Punto fijo</i> .....	54
4.1.2.1. <i>Evaluación de taludes</i> .....	55
4.1.2.2. <i>Criterios de análisis</i> .....	57
4.1.2.3. <i>Evaluación técnica</i> .....	60
4.1.2.4. <i>Plano de detalles</i> .....	61
4.2. <i>Procedimiento de trabajo para la construcción y montaje del blondin</i> .....	62
4.2.1. <i>Evaluación de riesgos previos a la construcción y montaje</i> .....	62
4.2.2. <i>Cronograma de construcción y montaje del blondin</i> .....	64
4.2.3. <i>Presupuesto</i> .....	64
4.2.4. <i>Proceso constructivo</i> .....	65

4.3. Procedimiento de trabajo para la operación del blondin.....	65
4.3.1. Plan y manejo de riesgos.....	65
4.3.2. Trabajos preliminares.....	65
4.3.3. Puesta en marcha del blondin punto móvil.....	66
4.3.4. Puesta en marcha del blondin cabina de mando.....	67
4.3.5. Sistema de comunicación.....	67
4.3.6. Límites de funcionamiento impuestos por las condiciones atmosféricas.....	68
4.4. Procedimiento de trabajo para el traslado del concreto al cuerpo de presa.....	68
4.5. Procedimiento de trabajo para el mantenimiento del blondin.....	69
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA BLONDIN.....</b>	<b>70</b>
5.1. Descripción del entorno de trabajo.....	70
5.2. Análisis de productividad.....	74
5.2.1. Cartas balance.....	74
5.2.2. Flujo de actividades de equipos.....	86
5.2.3. Cálculo de rendimientos de vaciado de concreto.....	88
5.2.3.1. Sistema blondin.....	91
5.2.3.2. Sistema tradicional.....	98
<b>CAPÍTULO 6: PLANEAMIENTO DEL VACIADO DE CONCRETO AL CUERPO DE LA PRESA.....</b>	<b>110</b>
6.1. Metrados.....	110
6.2. Programación de actividades.....	111
6.2.1. Días trabajables.....	111
6.2.2. Productividad de los equipos y la mano de obra.....	112
6.2.3. Definición de trabajos y cálculo del tiempo de ejecución.....	114
6.2.4. Análisis de costos.....	120
<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>130</b>
7.1. Conclusiones.....	130
7.2. Recomendaciones.....	134
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>135</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

### **CAPÍTULO 2: GENERALIDADES**

Tabla 2.01. Tipo de roca para túnel.

Tabla 2.02. Características del concreto previsto para la presa.

### **CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO**

Tabla 3.01. Especificaciones técnicas del sistema blondin radial.

### **CAPÍTULO 4: SISTEMA BLONDIN EN ETAPA DE PROYECTO**

Tabla 4.01. Matriz de variabilidad de parámetros, modelo Geotécnico-Geológico.

Tabla 4.02. Matriz de variabilidad de parámetros, modelo Geotécnico-Geológico.

Tabla 4.03. Matriz de riesgos.

Tabla 4.04. Impactos y consecuencias de riesgos.

Tabla 4.05. Plan y manejo de riesgos.

Tabla 4.06. Presupuesto de obras civiles – sistema blondin.

Tabla 4.07. Presupuesto del montaje electromecánico – sistema blondin.

Tabla 4.08. Plan y manejo de riesgos para el funcionamiento del blondin.

### **CAPÍTULO 5: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA BLONDIN**

Tabla 5.01. Rendimientos para vaciado de CCR – sistema blondin.

Tabla 5.02. Rendimientos para vaciado de CCV – sistema blondin.

Tabla 5.03. Rendimientos para vaciado de CCR – camión volquete.

Tabla 5.04. Rendimientos para vaciado de CCV – camión “mixer”.

Tabla 5.05. Resultados de cartas balance.

Tabla 5.06. Resultados de cartas balance.

Tabla 5.07. Distribución de actividades para el blondin.

Tabla 5.08. Distribución de actividades para el camión volquete.

Tabla 5.09. Distribución de actividades para el camión “mixer”.

Tabla 5.10. Flujo de actividades del blondin.

Tabla 5.11. Flujo de actividades semanales consolidadas.

Tabla 5.12. Distancias XY y Z desde la bahía de cargas al bloque a vaciar.

Tabla 5.13. Ciclos de vaciados CCR – Turno día.

Tabla 5.14. Ciclos de vaciados CCR nivel 1517.90 m.s.n.m. Turno día.

Tabla 5.15. Ciclos de vaciados CCR en nivel 1526.9 m.s.n.m. Turno día.

Tabla 5.16. Influencia del entorno en los vaciados.

Tabla 5.17. Consolidado de ciclos de vaciados CCR.



- Tabla 5.18. Ciclos de vaciados CCV – Turno día.
- Tabla 5.19. Ciclos de vaciados CCR en nivel 1519.40 m.s.n.m. Turno día.
- Tabla 5.20. Ciclos de vaciados CCR en nivel 1528.40 m.s.n.m. Turno día.
- Tabla 5.21. Consolidado de ciclos de vaciados CCV.
- Tabla 5.22. Distancias XY y Z desde la recepción del concreto al bloque a vaciar.
- Tabla 5.23. Ciclos de vaciados CCR – Turno día.
- Tabla 5.24. Ciclos de vaciados CCR nivel 1523.0 m.s.n.m. Turno día.
- Tabla 5.25. Ciclos de vaciados CCR nivel 1532.0 m.s.n.m. Turno día.
- Tabla 5.26. Influencia del entorno en los vaciados.
- Tabla 5.27. Consolidado de ciclos de vaciados CCR.
- Tabla 5.28. Ciclos de vaciados CCV – Turno día.
- Tabla 5.29. Ciclos de vaciados CCR nivel 1521.20 m.s.n.m. Turno día.
- Tabla 5.30. Ciclos de vaciados CCR nivel 1530.20 m.s.n.m. Turno día.
- Tabla 5.31. Consolidado de ciclos de vaciados CCV.
- Tabla 5.32. Cálculo de rendimientos promedios de vaciado de CCV – “mixer”.
- Tabla 5.33. Cálculo de rendimientos promedios de vaciado de CCR – volquete.
- Tabla 5.34. Cálculo de rendimientos promedios de vaciado de CCR – blondin.
- Tabla 5.35. Cálculo de rendimientos promedios de vaciado de CCV – blondin.
- Tabla 5.36. Resumen comparativo de los rendimientos promedio de vaciado.
- Tabla 5.37. Resumen de rendimientos promedio de vaciado.
- CAPÍTULO 6: PLANEAMIENTO DE VACIADOS AL CUERPO DE LA PRESA**
- Tabla 6.01. Metrados totales del cuerpo de la presa.
- Tabla 6.02. Días trabajables del 2014.
- Tabla 6.03. Días trabajables del 2015.
- Tabla 6.04. Días feriados del 2014-2015.
- Tabla 6.05. Días trabajables considerados del 2014.
- Tabla 6.06. Días trabajables considerados del 2015.
- Tabla 6.07. Rendimiento de equipos.
- Tabla 6.08. Rendimiento colocación encofrados.
- Tabla 6.09. Rendimiento colocación CCV.
- Tabla 6.10. Rendimiento colocación CCR.
- Tabla 6.11. Resumen rendimientos - sistema blondin.

Tabla 6.12. Resumen rendimientos - sistema tradicional.

Tabla 6.13. Secuencia de Actividades.

Tabla 6.14. Tiempos de ejecución por actividad – sistema tradicional.

Tabla 6.15. Tiempos de ejecución por actividad – sistema tradicional.

Tabla 6.16. Tiempos de ejecución por actividad – sistema blondin.

Tabla 6.17. Tiempos de ejecución por actividad – sistema blondin.

Tabla 6.18. Resumen del diagrama Gantt de capas iniciales.

Tabla 6.19. Resumen del diagrama Gantt de capas intermedias.

Tabla 6.20. Resumen del diagrama Gantt de capas finales.

Tabla 6.21. Plazo de ejecución total.

Tabla 6.22. Análisis de precios unitarios del rodillo liso vib. 14 ton.

Tabla 6.23. Análisis de precios unitarios del rodillo tandem.

Tabla 6.24. Análisis de precios unitarios del tractor s/orugas 150hp.

Tabla 6.25. Análisis de precios unitarios del camión “mixer” 7m<sup>3</sup>.

Tabla 6.26. Análisis de precios unitarios del camión volquete 15m<sup>3</sup>.

Tabla 6.27. Análisis de precios unitarios de las operaciones con blondin.

Tabla 6.28. Análisis de precios unitarios de las operaciones con el silo bus.

Tabla 6.29. Cálculo del costo horario del capataz.

Tabla 6.30. Cálculo del costo horario del operador.

Tabla 6.31. Cálculo del costo horario del operario.

Tabla 6.32. Cálculo del costo horario del oficial.

Tabla 6.33. Cálculo del costo horario del peón.

Tabla 6.34. Costo directo total de mano de obra y equipos - sistema blondin.

Tabla 6.35. Costo directo total de mano de obra y equipos - sistema tradicional.

## **CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Tabla 7.01. Resultados cartas balance.

Tabla 7.02. Resultados cartas balance.

Tabla 7.03. Resultados flujo de actividades de equipos.

Tabla 7.04. Resultados del cálculo de rendimientos de vaciado.

Tabla 7.05. Plazo de ejecución total.

Tabla 7.06. Costo directo total de mano de obra y equipos.

## ÍNDICE DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 2: GENERALIDADES**

- Fig 2.01. Ubicación del área del proyecto.
- Fig 2.02. Acceso a zona del proyecto.
- Fig 2.03. Descripción general del frente "Presa".
- Fig 2.04. Sección típica del túnel.

### **CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO**

- Fig 3.01. Esquema general del blondin radial.

### **CAPÍTULO 4: SISTEMA BLONDIN EN ETAPA DE PROYECTO**

- Fig 4.01. Ubicación del blondin punto móvil y punto fijo en el proyecto.
- Fig 4.02. Secciones de análisis del blondin móvil.
- Fig 4.03. Zonas con sostenimiento.
- Fig 4.04. Modelo geotécnico-geológico.
- Fig 4.05. Resultados de la sección 1-1.
- Fig 4.06. Resultados de la sección 2-2.
- Fig 4.07. Resultados de la sección 3-3.
- Fig 4.08. Esquema de perforación para pernos pasivos.
- Fig 4.09. Distribución de cargas en la parte móvil del blondin. Vista transversal. Medidas en centímetros.
- Fig 4.10. Distribución de cargas en la parte móvil del blondin. Vista planta. Medidas en milímetros.
- Fig 4.11. Distribución de inyecciones.
- Fig 4.12. Distribución de pernos y estabilidad frente al volteo.
- Fig 4.13. Distribución de perno y estabilidad frente al volteo.
- Fig 4.14. Estabilidad frente al desplazamiento.
- Fig 4.15. Plano de elevación.
- Fig 4.16. Modelo geotécnico-geológico.
- Fig 4.17. Resultado de la sección.
- Fig 4.18. Distribución de cargas en la parte fija del blondin. Vista transversal.
- Fig 4.19. Distribución de cargas en la parte fija del blondin. Vista planta.
- Fig 4.20. Distribución de pernos y estabilidad frente al volteo.
- Fig 4.21. Plano de elevación.

## **CAPÍTULO 5: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA BLONDIN**

Fig 5.01. Descripción General.

Fig 5.02. Detalle en planta de la bahía de carga.

Fig 5.03. Detalle del corte A-A de elevación de la bahía de carga.

Fig 5.04. Detalle del silo bus y la cubeta de vaciado.

Fig 5.05. Detalle del chute N°1.

Fig 5.06. Corte transversal de la presa.

Fig 5.07. Distribución de bloques para el análisis.

Fig 5.08. Distribución de trabajo para vaciado de CCR-sistema blondin.

Fig 5.09. Detalle de trabajo para vaciado de CCR-sistema blondin.

Fig 5.10. Distribución de trabajo para vaciado de CCV-sistema blondin.

Fig 5.11. Detalle de trabajo para vaciado de CCV-sistema blondin.

Fig 5.12. Distribución de trabajo para vaciado de CCR-camión volquete.

Fig 5.13. Detalle de trabajo para vaciado de CCR-camión volquete.

Fig 5.14. Distribución de trabajo para vaciado de CCV-camión "mixer".

Fig 5.15. Detalle de trabajo para vaciado de CCV-camión "mixer".

Fig 5.16. Recorrido del silo bus.

Fig 5.17. Distribución de bloques para el análisis.

Fig 5.18. Esquema de distancias a recorrer para vaciados con el blondin.

Fig. 5.19. Esquema de bahía de cargas.

Fig 5.20. Esquema de distancias a recorrer para vaciados con el camión volquete y "mixer".

Fig. 5.21. Esquema del chute.

## **CAPÍTULO 6: PLANEAMIENTO DE VACIADOS AL CUERPO DE LA PRESA**

Fig 6.01. Esquema de encofrado del cuerpo de la presa.

## ÍNDICE DE FOTOS

### **CAPÍTULO 2: GENERALIDADES**

Foto 2.01. Obra de toma.

Foto 2.02. Túnel de conducción.

Foto 2.03. Presa.

Foto 2.04. Vaciado del concreto convencional vibrado (CCV).

Foto 2.05. Vaciado del concreto compactado con rodillo (CCR).

### **CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO**

Foto 3.01. Sistema blondin.

Foto 3.02. Carro principal.

Foto 3.03. Partes del carro principal.

Foto 3.04. Cabrestante de traslación.

Foto 3.05. Cabrestante de levantamiento.

Foto 3.06. Contenedor eléctrico.

Foto 3.07. Cabina de mando.

Foto 3.08. Mini car.

Foto 3.09. Poleas a bandera o desviación.

Foto 3.10. Distanciadores doble péndulo.

Foto 3.11. Distanciadores fijos.

Foto 3.12. Zapatas fijas.

Foto 3.13. Banderas de reenvío.

Foto 3.14. Gancho.

Foto 3.15. Cubeta de vaciado.

### **CAPÍTULO 4: SISTEMA BLONDIN EN ETAPA DE PROYECTO**

Foto 4.01. Talud inferior del blondin móvil.

Foto 4.02. Vista en perfil de los trabajos de excavación en el punto fijo del blondin.

### **CAPÍTULO 5: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA BLONDIN**

Foto 5.01. Planta de concreto Betonmac.

## ÍNDICE DE ANEXOS

### **ANEXO 1. FICHA TÉCNICA**

### **ANEXO 2. PLANOS**

- 2.1. General - Presa
- 2.2. Detalle - Blondin punto móvil
- 2.3. Detalle - Blondin punto fijo

### **ANEXO 3. DOCUMENTOS PROYECTO BLONDIN**

- 3.1. Cronograma de construcción y montaje del blondin
- 3.2. Panel fotográfico - Construcción y montaje del blondin
- 3.3. IPERC y MCOA - Construcción y montaje del blondin
- 3.4. IPERC y MCOA - Procedimiento de trabajo para la operación del blondin
- 3.5. IPERC y MCOA - Procedimiento de trabajo para el traslado de concreto al cuerpo de presa
- 3.6. IPERC y MCOA - Procedimiento de trabajo para el mantenimiento del blondin

### **ANEXO 4. DOCUMENTOS DE ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD**

- 4.1. Cartas balance
- 4.2. Flujo de actividades de equipos
- 4.3. Cálculo de rendimientos de vaciado de concreto
- 4.4. Rendimientos promedio por nivel para vaciados

### **ANEXO 5. DOCUMENTOS DE PLANEAMIENTO**

- 5.1. Detalle de metrados por nivel de vaciado.
- 5.2. Promedio anual de precipitaciones diarias
- 5.3. Cálculo de duración de actividades.
- 5.4. Cronograma Gantt - Ejecución sistema blondin
- 5.5. Cronograma Gantt - Ejecución sistema tradicional

### **ANEXO 6. OTROS**

- 6.1. Blondin en el mundo

## LISTA DE ACRÓNIMOS

ATS: análisis de trabajo seguro.

CCR: concreto compactado con rodillo.

CCV: concreto convencional vibrado.

CdM: Casa de Máquinas.

CE: nivel de sismo para construcción.

CHCDA: Central hidroeléctrica Cerro del Águila.

CRM: Consorcio Rio Mantaro.

EPC: contrato que comprende ingeniería, procura y construcción.

FS: factor de seguridad.

IPERC: matriz de identificación de peligro, evaluación de riesgos y medidas de control.

MCE: sismo máximo creíble.

MCOA: matriz de control operacional ambiental.

MDE: sismo máximo de diseño.

OBE: sismo base operacional

PGA: aceleración máxima horizontal.

LEM: método de equilibrio límite.

TC: tiempo contributorio.

TNC: tiempo no contributorio

TP: tiempo productivo.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto hidroeléctrico Cerro del Águila consiste en la realización de una planta hidroeléctrica de potencia nominal de 510 MW. El contrato es del tipo “EPC” que comprende ingeniería, procura y construcción de la central hidroeléctrica. El cliente es la empresa de generación Cerro del Águila S.A.

Los trabajos son ejecutados por el Consorcio Río Mantaro conformado por las empresas GyM S.A. (50%) y Astaldi S.p.A. Sucursal Perú (50%).

En el presente proyecto se implementa el uso del sistema blondin, el cual permite la carga y el transporte de diferentes materiales. Su función principal en el proyecto es el vaciado de concreto convencional vibrado (CCV) y el concreto compactado con rodillo (CCR) en la construcción de la presa. Este es el primer proyecto que implementa el sistema mencionado.

La importancia de este estudio radica en los beneficios costo-tiempo del uso de este sistema, para lo cual se hará una comparación en la etapa de vaciados empleando el sistema blondin y el sistema tradicional, esta última conformada por camión “mixer” y volquete.

El desarrollo de esta investigación se estructura en siete (7) capítulos.

Capítulo 1. Situación a investigar: se explica los argumentos que sustentan la realización de la investigación, se define los objetivos del desarrollo del trabajo, la justificación y el alcance.

Capítulo 2. Generalidades: se desarrolla las características generales del proyecto, describiendo las características de la región y las estructuras que componen al proyecto de forma general. Además se detalla las características de la presa.

Capítulo 3. Marco teórico: se desarrolla y detalla la definición, partes del sistema blondin y sus especificaciones técnicas.

Capítulo 4. Sistema blondin en etapa de proyecto: en primer lugar, se detalla los estudios preliminares: la evaluación de taludes, los criterios de análisis, la evaluación técnica y los planos de detalle. En segundo lugar se detalla la construcción del blondin: evaluación de riesgos, cronograma de ejecución y presupuesto. Finalmente se detalla el procedimiento de trabajo para la operación del blondin, traslado de concreto a la presa y el mantenimiento del blondin.



Capítulo 5. Análisis comparativo del sistema blondin: se presentan el análisis de cartas balance, el flujo de actividades de equipos y el cálculo de rendimientos de vaciado de concreto del sistema blondin y el sistema tradicional. Para tal se detallan los factores que fueron considerados para el análisis.

Capítulo 6. Planeamiento de vaciados al cuerpo de la presa: se presentan los metrados generales, la programación de actividades y el análisis de costos, con la finalidad de comparar ambos sistemas.

Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones: se presentan las conclusiones más relevantes respecto al uso del sistema en el proyecto hidroeléctrico. Y en base a esto, se realizan las recomendaciones para su implementación en futuros proyectos hidroeléctricos en el Perú.



## CAPÍTULO 1: SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

#### 1.1.1. Antecedentes:

En el Perú, la implementación de sistemas de carga, transporte y descarga de materiales en general, ha ido en aumento debido a la necesidad de las constructoras de realizar los procesos constructivos de una manera rápida y eficiente, eliminando de esta manera la generación de tiempos no productivos por el problema de transporte, originado por la existencia de lugares angostos e inaccesibles que se presentan en obras de construcción.

Por ejemplo, en el caso de edificios, se emplean las torres grúas, las cuales permiten la carga, transporte y descarga de materiales desde planta a un piso elevado con facilidad y ahorrando tiempo. En el caso de infraestructuras, el equipo que se emplea para el transporte es la torre grúa y para el vaciado el camión “mixer” y volquete.

Las infraestructuras al tener mucha demanda de equipos y materiales en el área de trabajo, impiden que la ejecución de actividades se desarrolle de manera fluida, debido a la menor área libre para el transporte. Por ello, la implementación de equipos que solucionen este problema es de suma importancia. El sistema blondin sustituye al sistema tradicional conformado por la torre grúa, camión volquete y “mixer”.

El presente trabajo de investigación comprende el uso del sistema blondin para el vaciado de concreto durante la construcción de la presa.

#### 1.1.2. Justificación

La implementación del sistema blondin en construcciones de infraestructuras en el Perú se realiza por vez primera en el proyecto hidroeléctrico Cerro del Águila, por tanto es de suma importancia realizar un análisis comparativo entre el sistema blondin y el sistema tradicional. Se presenta el uso del blondin en el mundo en el Anexo 5.1.

Como primer punto, se realiza un análisis de productividad de los sistemas, lo cual permite comparar los rendimientos que tienen en la actividad de vaciado de concreto

Como segundo punto, para cada sistema se realiza el planeamiento del vaciado de concreto para calcular el tiempo y costo total de ejecución, y compararlos.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo general

Realizar el análisis comparativo del sistema blondin y el tradicional. A partir de ello determinar los beneficios del sistema blondin para su implementación en futuros proyectos de infraestructura.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Detallar el marco teórico y especificaciones técnicas del sistema blondin.
- Detallar los estudios preliminares del sistema blondin necesarios para su construcción en el proyecto hidroeléctrico.
- Detallar el cronograma, presupuesto de la construcción y montaje del sistema blondin.
- Realizar el control de productividad de los sistemas mediante cartas balance, flujo de actividades de equipos y cálculo de rendimientos para vaciado de concreto.
- Realizar el planeamiento del vaciado de concreto a la presa con el uso del sistema blondin y el sistema tradicional de manera independiente para obtener el tiempo y costo directo total de ejecución.
- Comparar los resultados, presentar las conclusiones y recomendaciones.

## 1.3. ALCANCE

Se compara el sistema blondin con el sistema tradicional mediante el cálculo del tiempo y costo total de ejecución a partir de los rendimientos reales medidos en campo.

En una primera parte se describen los estudios preliminares, criterios de análisis y evaluaciones técnicas que fueron necesarias para realizar la construcción del sistema, y se presenta el plan de trabajo que hace posible su operación en el proyecto.

Además, se enumeran las etapas de construcción del sistema blondin, el presupuesto y cronograma de ejecución.

En la segunda parte se realizará el análisis de productividad del sistema blondin y el tradicional por medio de cartas balance, flujo de actividades de equipos y cálculo de rendimientos de vaciado de concreto, los cuales permiten realizar el planeamiento del vaciado de concreto a la presa para calcular el tiempo y costo total de ejecución.

Finalmente, con base en la comparación de los resultados, se presentan conclusiones y recomendaciones para su empleo en futuros proyectos de infraestructura.



## CAPÍTULO 2: GENERALIDADES

### 2.1. Descripción general del Proyecto

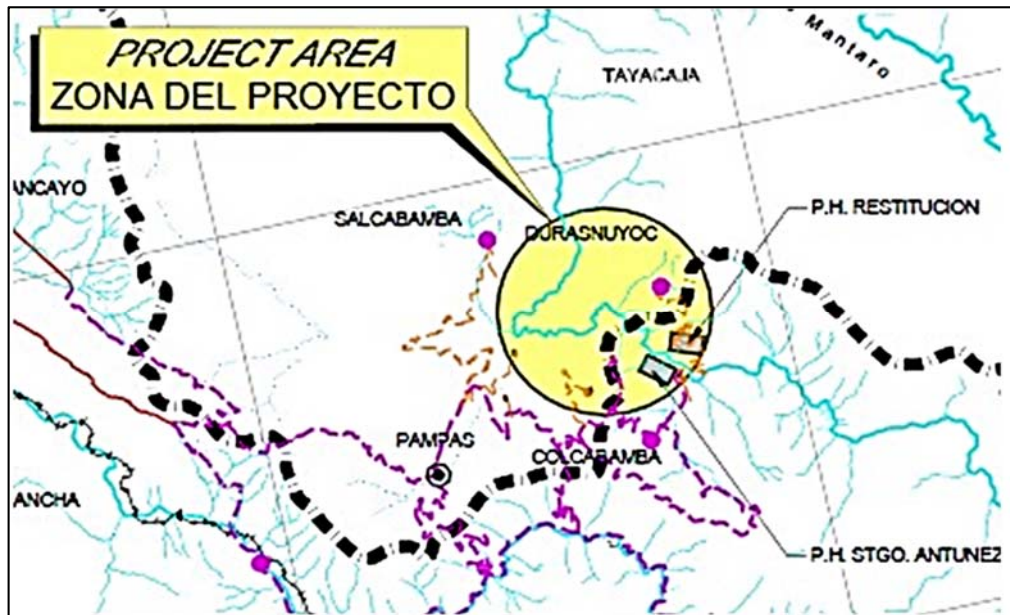
El proyecto hidroeléctrico Cerro del Águila consiste en la realización de una planta hidroeléctrica de potencia nominal de 510 MW. El área del proyecto está situada en los distritos de Colcabamba y Surcubamba, en la provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica, aproximadamente a 270 km de distancia de la ciudad de Lima, capital de la república de Perú; tal como se apreciará en la figura 2.01. El proyecto utiliza para su funcionamiento las aguas del Río Mantaro. Se presenta la ficha técnica del proyecto en el Anexo 1.



**Fig 2.01.** Ubicación del área del proyecto (Fuente CRM-CHCDA).

El acceso a la zona se realiza desde Lima hasta la ciudad de Huancayo a partir de ahí se conecta con la ciudad de Pampas, en el departamento de Huancavelica, mediante una carretera afirmada. Desde Pampas se tiene acceso a la presa a unos 88 km (frente Colcabamba). Asimismo, desde Pampas se tiene acceso a la casa de

máquinas a unos 93 km (frente Salcabamba). La ubicación se puede apreciar en la siguiente figura:



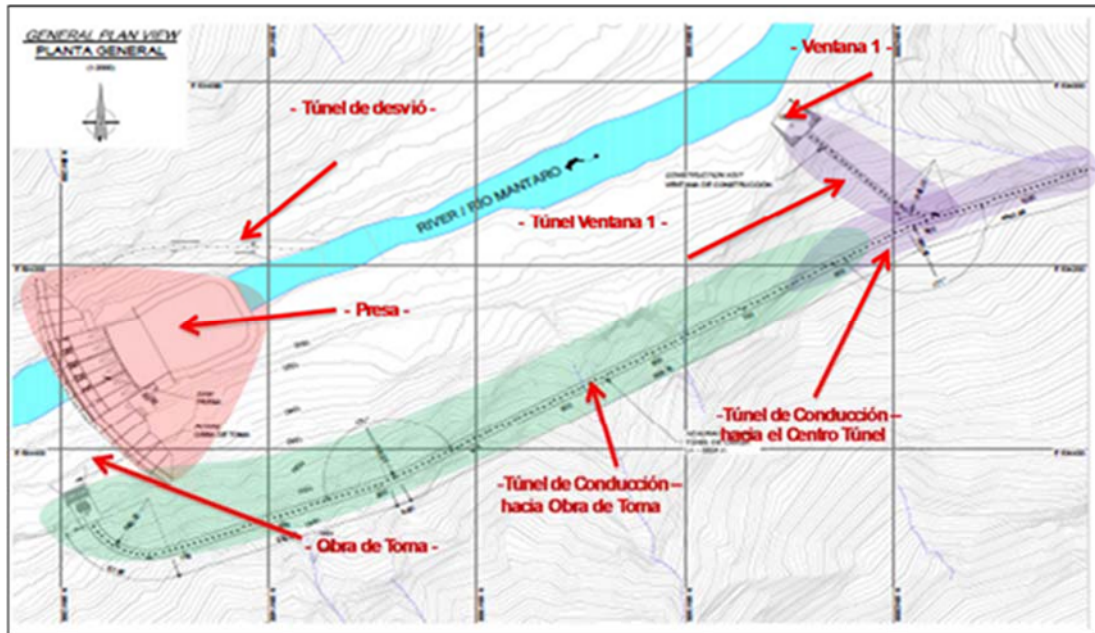
**Fig 2.02.** Acceso a zona del proyecto (Fuente CRM-CHCDA).

El proyecto hidroeléctrico Cerro del Águila está constituido por las siguientes estructuras:

- Presa de gravedad en concreto, con una longitud de 264 m y una altura máxima de 90 m.
- Obra de toma de 36 m x 35 m.
- Túnel de desvío de 324 m.
- Túnel de conducción de aproximadamente 5,739 m.
- Túnel de chimenea de equilibrio superior de 483 m.
- Túnel de chimenea de equilibrio inferior de 642 m.
- Túnel de acceso principal a casa de máquinas de 637 m.
- Túnel de cables y emergencia de 249 m.
- Pozo de cables de 190 m.
- Túnel de descarga de 1,880 m.
- Pique de presión vertical de 240 m.
- Casa de máquinas (CdM) en caverna de 86 m x 21 m x 37 m.
- Caverna de transformadores de 80 m x 12 m x 17 m.
- Caverna de ataguías de 77 m x 5.5 m x 9 m.
- Caminos y accesos: 170 km de mejoramiento y 50 km de caminos nuevos.

## 2.2. Descripción general del sector “Presa”:

El frente “Presa” incluye todos los trabajos relacionados con la presa en su totalidad, el túnel de conducción y la obra de toma. Las estructuras se pueden apreciar en la siguiente figura:



**Fig 2.03.** Descripción general del frente “Presa” (Fuente CRM-CHCDA).

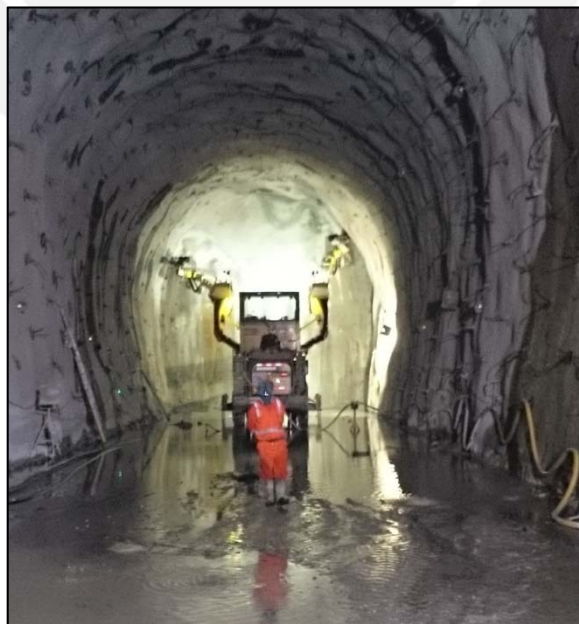
A continuación se describe cada una de las estructuras del frente "Presa":

a) Obra de toma: también conocida como obra de captación, es aquella estructura por donde ingresará el agua retenido por la presa para ser conducido por medio del túnel de conducción al frente “Casa de Máquinas”. La estructura consta de 13,552.66 m<sup>3</sup> de concreto convencional vibrado (CCV) con una resistencia de 30 Mpa. A continuación se muestra una foto de la obra de toma.



**Foto 2.01.** Obra de toma (Fuente propia).

b) Túnel de Conducción: es aquella estructura que conducirá el agua desde el frente “Presa” al frente “Casa de Máquinas”. Es un túnel a baja presión y tiene una longitud de 5,739 m previsto para ser excavado mediante perforación y voladura. El túnel se excava en un macizo rocoso de condiciones geotécnicas competentes. A continuación se muestra una foto del túnel de conducción.



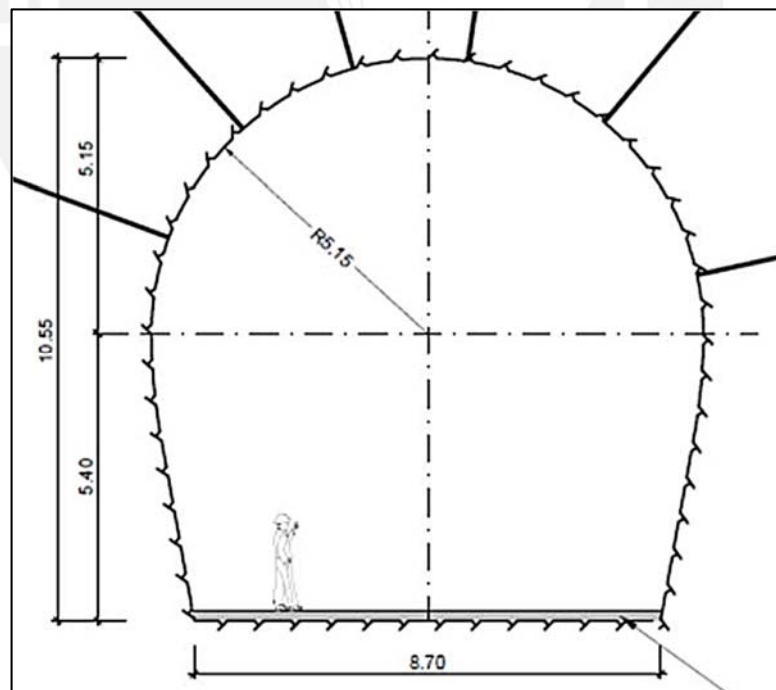
**Foto 2.02.** Túnel de conducción (Fuente propia).



Para el planeamiento, se ha encontrado una mayor incidencia de Roca Tipo B y C, alcanzando un avance promedio de 4.88 ml/día, con factor de eficiencia del disparo que va desde 80% hasta 95%, dependiendo del tipo de roca. En todos los casos, salvo en el tipo de roca E, el ciclo de trabajo se ha diseñado para realizar 02 disparos al día con jornadas de 11 hrs y una cuadrilla de 34 personas para los trabajos de excavación y sostenimiento en cada turno. Por las características geométricas de este túnel, se ha diseñado una malla promedio de 154 taladros con un factor de carga promedio de 1.30 kg/m<sup>3</sup>. El pull de equipos necesario para ejecutar este túnel está formado por:

- 01 Jumbo XE 3C de 3 brazos
- 01 Cargador Frontal 972H
- 02 Excavadora John Deere 200 DCL
- 10 Volquetes de 15m<sup>3</sup>
- 01 Robot shotcretero
- 01 Manipulador telescópico

La sección típica, así como las principales características del túnel, son las siguientes:



**Fig 2.04.** Sección típica del túnel. Medidas en metros. (Fuente CRM-CHCDA).

Tipo de Roca	A	B	C	D	E
Presencia por tipo de roca	7.05%	45.00%	35.00%	7.47%	5.48%
N° de disparos	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00
Longitud de perforación	4.27	3.05	2.44	1.83	1.22
Factor de eficiencia por disparo	95%	93%	90%	88%	80%
Avance promedio por día	4.88	4.88	4.88	4.88	2.22
Malla de perforación	155.00	155.00	155.00	146.00	
Factor de carga	1.36	1.34	1.33	1.08	1.01

**Tabla 2.01.** Tipo de roca para túnel (Fuente CRM-CHCDA).

c) Concreto de Presa: la presa consta de 452,882.07 m<sup>3</sup> de concreto, y se ha construido en combinación entre Concreto compactado con rodillo (CCR) y Concreto convencional vibrado (CCV). La ejecución de la presa se conforma de las siguientes fases:

- Estación seca 2013:

Ejecución de la obra de desvío del río y preparación de las instalaciones de obra (sistema blondin, planta de concreto, plantas de trituración, etc.). Además, se tuvo previsto seguir con las excavaciones del estribo derecho de la presa.

- Estación de lluvias 2013-2014:

Continuación de las excavaciones de los estribos izquierdo y derecho. Una vez terminados se ejecutó las galerías de inspecciones laterales. Como las condiciones meteorológicas lo permitieron, se comenzó con las excavaciones de la zona central dentro del período final de la estación.

- Estación seca 2014:

Se empezó la excavación de la fundación en la zona central y los vaciados. Se inició con la ejecución de las superficies de nivelación y poner en marcha la obra en concreto compactado con rodillo (CCR) en dirección longitudinal terminando en la cota de colocación de la estructura metálica de las descargas (aproximadamente 1493 m.s.n.m.).

- Estación de lluvias 2014-2015:

Una vez que se completó los vaciados de CCV hasta la cota 1495 m.s.n.m., se procedió a la puesta en obra del CCR en toda la longitud de la presa y se comenzó a realizar las obras alternas.

Para la producción de concreto se utilizó una Planta Betonmac de 600 m<sup>3</sup>/hr, que estuvo en proceso de construcción. Para el transporte del CCR, desde la planta de

producción hasta el estribo derecho de la presa se utilizó un sistema de vagones (silo bus), mientras que para la colocación del concreto se usó el sistema blondin. Además, se implementó un doble sistema de chute para el transporte del CCR y CCV.

El espesor de las capas de colocación, fue de 30 cm. En la base de la presa la superficie de cada capa fue de 5500 a 6800 m<sup>2</sup>. El volumen de CCR de una capa fue entre 1600 y 2100 m<sup>3</sup>.

Los equipos principales que fueron empleados para vaciar el CCR se listan a continuación:

- Rodillo tándem con tambor vibrante, capacidad de carga de trabajo no inferior a 10 toneladas.
- Tractor sobre orugas 150hp D6N, con oruga ancha.
- Rodillo Liso Vibratorio de 14 ton.

A continuación se describen las características de los tipos de concreto previstos para la Presa.

Descripción	Codigo	Resisten	Dosificac	Volumen
Prefabricado	PRECAST	21 Mpa	280	4,765.76
Concreto Convencional Vibrado	CCV1	15 Mpa	180	25,504.86
Concreto Convencional Vibrado	CCV2	25 Mpa	310	70,807.31
Concreto Convencional Vibrado	CCV3 - FASE 1	30 Mpa	410	41,881.41
Concreto Convencional Vibrado	CCV3 - FASE 2	30 Mpa	410	16,711.84
Concreto Convencional Vibrado	CCV3 - FASE 2	30 Mpa	410	27,453.33
Concreto Compactado con Rodillo	CCR1	15 Mpa	150	64,275.55
Concreto Compactado con Rodillo	CCR2	12 Mpa	150	201,482.03
<b>Total</b>				<b>452,882.07</b>

**Tabla 2.02.** Características del concreto previsto para la presa. (Fuente CRM-CHCDA).

A continuación se muestra una foto de la presa.



**Foto 2.03.** Presa (Fuente propia).

Se presenta los planos de la presa en el Anexo 2.1.

A continuación se explica brevemente el concepto del concreto convencional vibrado (CCV) y el concreto compactado con rodillo (CCR).

- Concreto convencional vibrado (CCV): es un concreto de consistencia plástica, que se coloca de manera continua y es vibrado para evitar posible formación de vacíos que ocasionan cangrejeras y fisuras en la estructura final.

A continuación se presenta una foto ilustrando el trabajo con el concreto convencional vibrado (CCV)



**Foto 2.04.** Vaciado del concreto convencional vibrado (CCV) (Fuente propia).

- Concreto compactado con rodillo (CCR): es un concreto de consistencia seca, asentamiento nulo, que se coloca de manera continua y se compacta con rodillo vibratorio.

El CCR tiene características muy similares al concreto convencional en cuanto a su comportamiento estructural y apariencia, pero con diferencias importantes en las características de la mezcla y en su proceso de fabricación y colocación. En el proceso constructivo de una presa se busca altos rendimientos, dado que se trata de una estructura muy masiva y de alto volumen, se requiere diseñar una mezcla de concreto con bajos calores de hidratación y en la que sea controlado el fisuramiento por su enfriamiento posterior.

Para lograr el objetivo anterior, el diseño de mezcla del CCR debe tener el menor contenido de cemento posible que se cumpla con el requerimiento estructural y una consistencia seca. Los materiales a usar son cementantes de lenta generación de resistencia y calor, principalmente las puzolanas. En su fabricación es usual el enfriamiento previo del agua y de los agregados. Su transporte y colocación se hace con los equipos convencionales para los movimientos de tierra.

A continuación se presenta una foto ilustrando el trabajo con el concreto compactado con rodillo (CCR)



**Foto 2.05.** Vaciado del concreto compactado con rodillo (CCR) (Fuente propia).

La mayor ventaja entre los dos tipos de concreto es la económica, debido a que el CCR logra mayor resistencia a la tracción con un menor porcentaje de cemento que el CCV.

## CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

### 3.1. Definición del sistema blondin:

El sistema blondin es un derivado del teleférico, el cual es un sistema de transporte aéreo constituido por cabinas colgadas de una serie de cables que se usan como medio de transporte, tal como se aprecia en la siguiente foto.



Foto 3.01. Sistema blondin (Fuente CRM-CHCDA).

#### 3.1.1. Definiciones básicas

- **Grúa:** es una máquina diseñada para izar carga basada en el principio de la palanca, mediante un contrapeso, un punto de apoyo y la carga que se va a mover.
- **Polea:** elemento giratorio que sirve para darle una dirección al cable de tracción.
- **Polea motriz:** elemento giratorio que trasfiere el movimiento al cable de tracción.
- **Reductor:** elemento mecánico que sirve para reducir el giro del motor imprimiendo más fuerza en el eje de salida.

### 3.1.2. Partes del sistema blondin

- **Blondin radial:** el blondin del proyecto es denominado “radial” ya que tiene un punto fijo y uno móvil con amplia cobertura para cubrir toda el área de trabajo. Además, está compuesto por dos cables de suspensión: un cable de traslación unido en forma de anillo cerrado conectado al carro y un cable de elevación que va a mover un sistema denominado gancho, con el cual se puede transportar cualquier material. En la siguiente figura se muestra el esquema general del blondin radial.

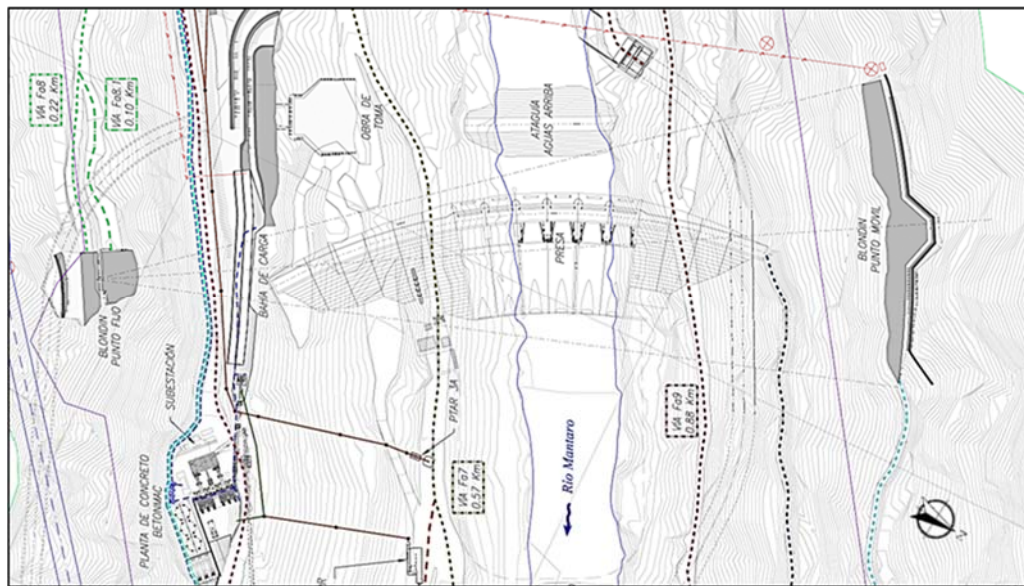


Fig 3.01. Esquema general del blondin radial (Fuente propia).

- **Cable de tracción:** es un elemento de acero de diámetro 34mm el cual se utiliza para mover la carga de un extremo al otro.
- **Cable de suspensión:** es un elemento de acero diámetro 59mm que se utiliza para el soporte del carro y de la carga, tipo cable cerrado.
- **Cable de levantamiento:** es un elemento de acero diámetro de 30mm compactado que se utiliza para levantar la carga.
- **Carro de izaje gancho:** es el elemento compuesto de un bastidor con dos poleas, un balancín y un gancho. Sirve para levantar la carga.
- **Carro principal:** es un elemento compuesto de un bastidor con 24 ruedas que son enganchados en los cables de suspensión y permiten a este carro moverse de un lado al otro. Además trabaja con dos poleas principales que sirven para reenviar el cable de levantamiento al gancho, tal como se muestra en la foto 3.02.

El carro está compuesto de dos sub-grupos: el principal y el secundario, los cuales se muestran en la foto 3.03.



Foto 3.02. Carro principal. (Fuente CRM-CHCDA).

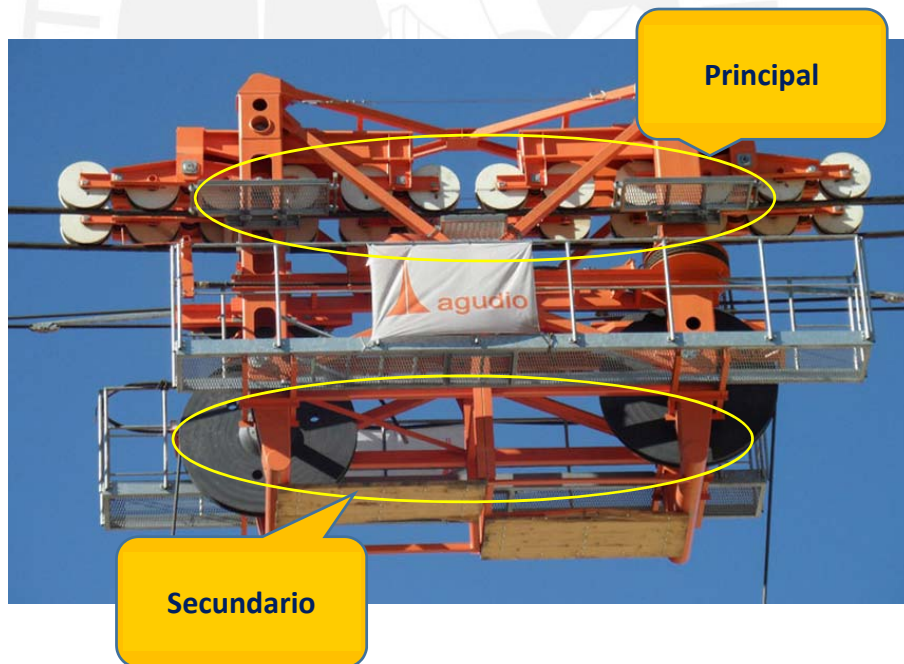


Foto 3.03. Partes del carro principal (Fuente propia).

- **Cabrestante de traslación:** es un sistema compuesto de dos poleas, un motor eléctrico de 560 KW de potencia, un reductor y de un sistema de frenado. Sirve para mover el carro principal de un lado al otro. El cabrestante de traslación se muestra en la siguiente foto.





Foto 3.04. Cabrestante de traslación (Fuente CRM-CHCDA).

- **Cabrestante de levantamiento:** es un sistema compuesto de un tambor que tiene envuelto el cable de levantamiento, un motor eléctrico de 808 KW de potencia, un reductor y un sistema de frenado; tal como se muestra en la siguiente foto.



Foto 3.05. Cabrestante de levantamiento (Fuente CRM-CHCDA).

- **Conteiner eléctrico:** es el conjunto de control del blondin, alimentado por 690V de energía eléctrica alterna, la cual es controlada por dos variadores de frecuencia para suministro de potencia al motor eléctrico. Además, en este lugar se encuentra parte del sistema electrónico para comandar los motores eléctricos. El conteiner eléctrico se muestra en la siguiente foto.



Foto 3.06. Contenedor eléctrico (Fuente propia).

- **Cabina de mando:** es el corazón del sistema de comando y está ubicado cerca de la bahía de carga. Desde aquí el operador controla el blondin mediante una interfaz y una serie de dispositivos aptos para cumplir el trabajo requerido y el control de todo el equipo. La cabina de mando se muestra en la siguiente foto.



Foto 3.07. Cabina de mando (Fuente propia).

- **Mini car:** el mini car está compuesto de dos elementos principales: carro y brazo principal. Antes de ser montado sobre su vía de curso, es pre montado en tierra. El mini car se muestra en la siguiente foto.



Foto 3.08. Mini car (Fuente propia).

- **Poleas a bandera o desviación:** conjunto de poleas fijadas a pared. Sirven para desviar los cables de levantamiento y traslación a los cabrestantes. Las poleas a bandera o desviación se muestran en la siguiente foto.



Foto 3.09. Poleas a bandera o desviación (Fuente propia).

- **Distanciadores doble péndulo:** Es un sistema formado por poleas en material plástico. La parte superior tiene distanciado una primera parte del recorrido del cable de tracción. La parte inferior tiene distanciado los cables de levantamiento y la segunda parte del cable de tracción. Esta parte se puede abrir para permitir el paso del carro principal. Los distanciadores doble péndulo se muestra en la siguiente foto.



**Foto 3.10.** Distanciadores doble péndulo (Fuente CRM-CHCDA).

- **Distanciadores fijos:** este sistema sostiene y dirige los cables de levantamiento y de tracción.  
Los distanciadores van montados sobre los cables portantes próximos al punto fijo de modo provisorio y son posicionados del lado y la secuencia correcta. Solo después del montaje del carro y de tensar el cable de tracción será puesto en la posición definitiva.  
Los distanciadores fijos se muestran en la siguiente foto.



Foto 3.11. Distanciadores fijos (Fuente CRM-CHCDA).

- **Zapatas de desviación:** está formada por dos sistemas apoyados sobre una base de metal, puede moverse a través de ruedas de acero. En caso de tener levantados los cables de suspensión permite que éstos puedan cumplir el recorrido transversal requerido.
- **Zapatas fijas:** la tarea de éste sistema es tener bien posicionados los cables de suspensión. Estas serán posicionadas al último en la fase de tensar los cables. Después del alineamiento de las zapatas fijas y de placa, se procede con el sellamiento mediante un cemento reo plástico, por ejemplo: Sika, Emaco.



Foto 3.12. Zapatas fijas (Fuente propia).

- **Banderas de reenvío:** se ubican en el lado izquierdo a una distancia de aproximadamente 10 metros del brazo del mini car y están montados sobre los cables portantes. Tienen las siguientes funciones: anclaje del cable de elevamiento, reenvío del cable de tracción y tensionamiento del cable de tracción. Las banderas de reenvío se muestran en la siguiente foto.



Foto 3.13. Banderas de reenvío (Fuente propia).

- **Eslingas:** elementos longitudinales con ojales en sus extremos, por lo general sintéticos, que son usados para izar carga. Su característica principal es la flexibilidad.
- **Estrobos:** son cables de acero que en sus extremos poseen ojales y sirven para izaje de carga. Son más rígidos que las eslingas, tienen límite de carga.

- **Grillete:** elemento de acero donde se colocan los ojales de los estrobos o de las eslingas.
- **Ganchos:** elementos de acero utilizados para el izaje de carga. Están conectados a la pasteca en su parte superior y mayormente a un grillete en su parte inferior. Deben tener pasador de seguridad.



Foto 3.14. Gancho (Fuente propia).

- **Cubeta de vaciado:** este elemento de capacidad de 9m<sup>3</sup> se acoplará al gancho mediante el balancín por medio de dos cables de acero de 37mm de diámetro, los cuales en cada punta se fijan a una cabeza de anclaje que se une al balde por medio de un pasador, asegurados por un pin roscado y una tuerca; tal como se muestra en la foto 3.15.

Adicionalmente, el elemento cuenta con un cable eléctrico que llevará la señal eléctrica a la electroválvula de apertura de la compuerta de descarga del concreto, esta compuerta está controlada por medio de un sistema hidráulico compuesto por:

- **Dos cilindros hidráulicos** que generan presión debido al peso del balde. Dado que la punta del vástago de estos cilindros está unida por medio de una extensión a los cables de acero que se acoplan al gancho del blondin, estos cilindros sostienen todo el peso del balde. Por tanto, para que el circuito hidráulico funcione es necesario que el balde esté suspendido y con los vástagos de los cilindros adentro.
- **Una electroválvula**, la cual se encarga de dirigir el flujo de aceite hacia el punto requerido para la operación. Esta electroválvula puede ser accionada mediante una señal eléctrica de 24V.
- **Cilindros hidráulicos de compuertas**, son aquellos que abren y cierran las compuertas de descarga del concreto.
- **Mangueras** que conectan los elementos anteriormente nombrados.



**Foto 3.15.** Cubeta de vaciado (Fuente propia).

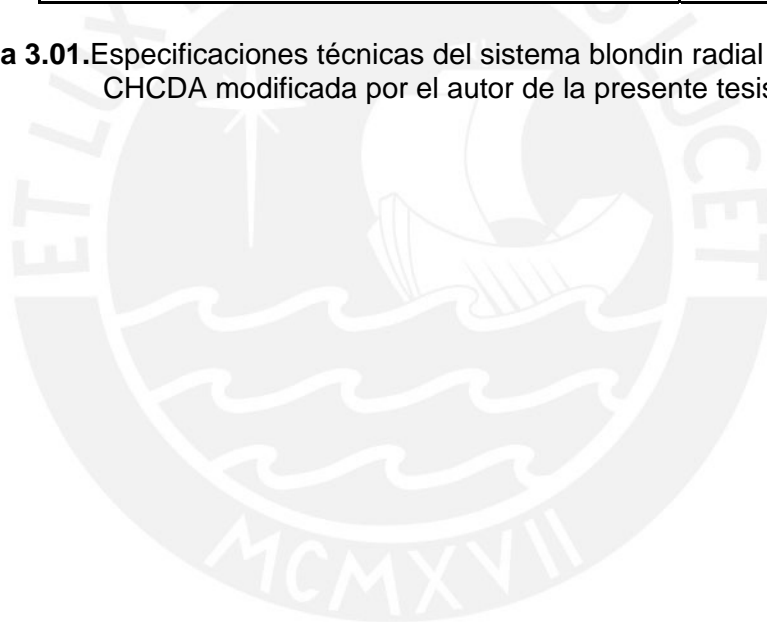


### 3.2. Especificaciones técnicas

A continuación se muestra las especificaciones técnicas del blondin radial:

<b><i>Longitud horizontal</i></b>	<b>404 m</b>
<b><i>Desnivel</i></b>	<b>40 m</b>
<b><i>Longitud máxima del gancho de elevación</i></b>	<b>200 m</b>
<b><i>Carga máxima del gancho</i></b>	<b>28 ton</b>
<b><i>Velocidad máxima en traslación</i></b>	<b>6 m/s</b>
<b><i>Velocidad máxima en elevación</i></b>	<b>2.5 m/s</b>
<b><i>Velocidad máxima del mini car</i></b>	<b>0.2 m/s</b>
<b><i>Diámetro del cable de suspensión</i></b>	<b>2 x 59 mm</b>
<b><i>Diámetro de cable de traslación</i></b>	<b>34 mm</b>
<b><i>Diámetro de cable de elevación</i></b>	<b>30 mm</b>
<b><i>Potencia nominal del motor de traslación</i></b>	<b>560 kW</b>
<b><i>Potencia nominal del motor de elevación</i></b>	<b>808 kW</b>
<b><i>Potencia nominal del motor del mini car</i></b>	<b>2x11 kW</b>

**Tabla 3.01.** Especificaciones técnicas del sistema blondin radial (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

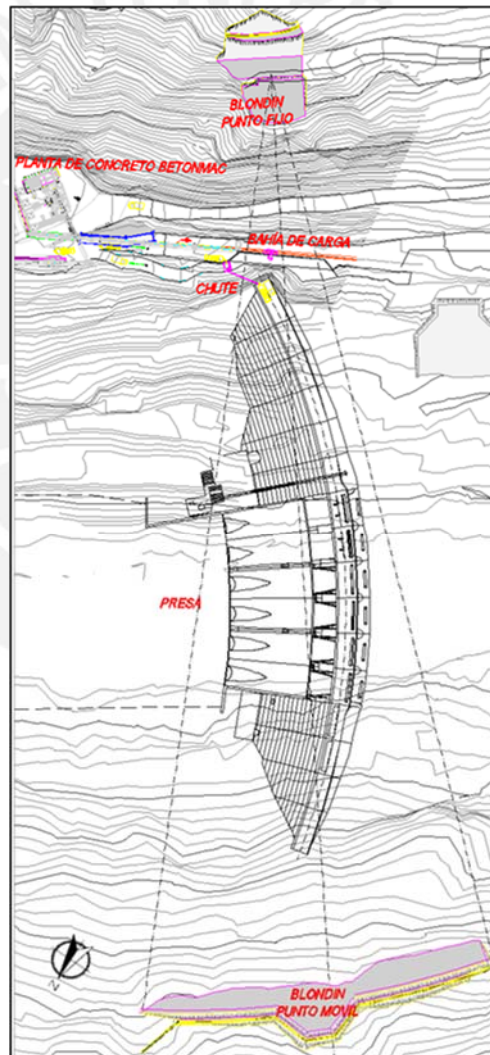


## CAPÍTULO 4: SISTEMA BLONDIN EN ETAPA DE PROYECTO

### 4.1. Estudios Preliminares

Se presentan los estudios necesarios para la implementación del sistema blondin, tanto el punto móvil y el punto fijo. Cabe señalar que la parte crítica es el punto móvil, ya que sobre este se desplazará el mini car en toda vida útil del mismo, el cual transfiere una carga distribuida variable en toda la estructura. En cambio, el punto fijo sostiene a las poleas de desviación, las cuales generan una carga puntual a la estructura. Por lo tanto, el análisis para el punto móvil fue más extenso a comparación del análisis del punto fijo.

En la siguiente figura se muestra la ubicación del blondin punto móvil y punto fijo en el proyecto.



**Fig 4.01.** Ubicación del blondin punto móvil y punto fijo en el proyecto. (Fuente CRM-CHCDA).

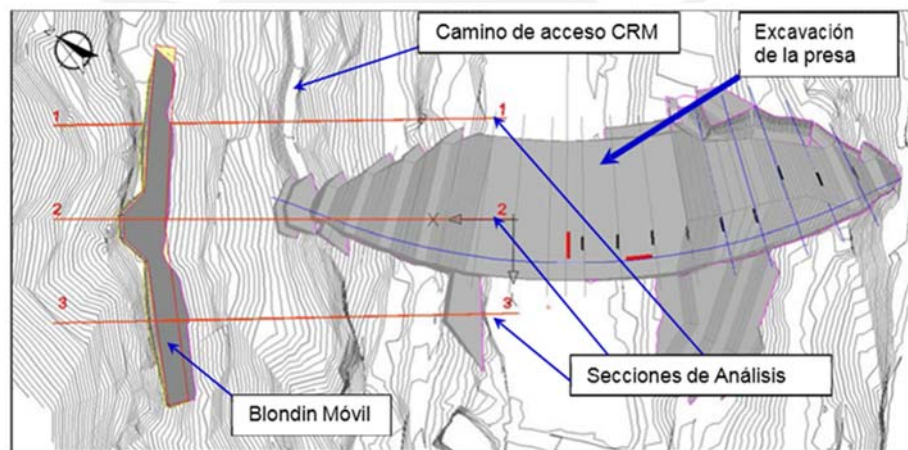
#### 4.1.1. Punto móvil

##### 4.1.1.1. Evaluación de taludes

El análisis de los taludes tuvo como criterio de análisis lo siguiente:

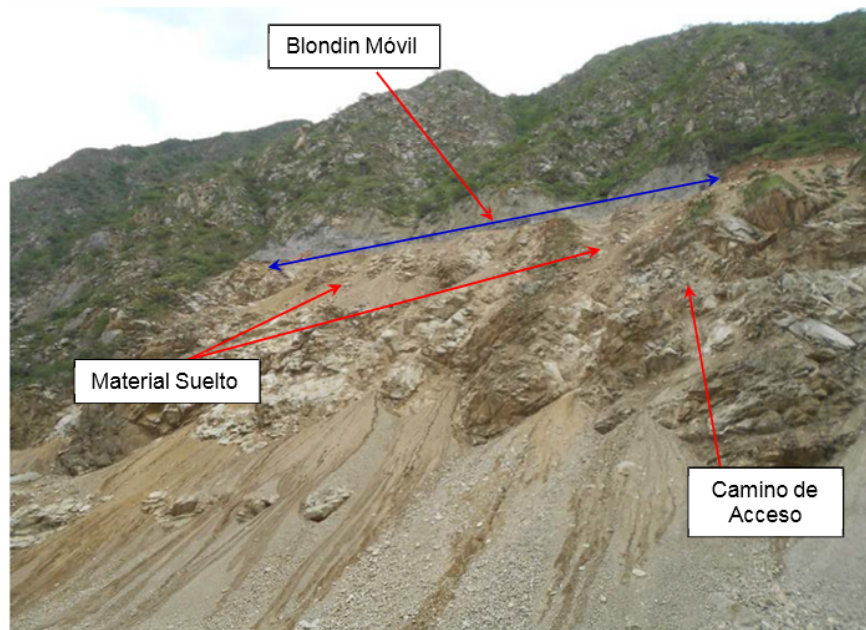
- Método de equilibrio límite (LEM): La metodología a seguir es la de Morgenstern & Price-Bishop, que permite analizar superficies de deslizamiento de tipo traslacional en bloque. Los factores de seguridad se define como la razón de momentos o fuerzas resistentes entre desestabilizadoras. Se consideran los siguientes factores de seguridad:
  - Mínimo factor de seguridad estático FS:  $\geq 1.5$
  - Mínimo factor de seguridad Pseudo-estático (MCE) FS:  $\geq 1.0$

En la siguiente figura se muestran tres secciones de análisis, referenciado con respecto a la excavación de la presa y la excavación del blondin móvil:



**Fig 4.02.** Secciones de análisis del blondin móvil (Fuente CRM-CHCDA).

El talud inferior del blondin móvil se muestra en la siguiente foto.

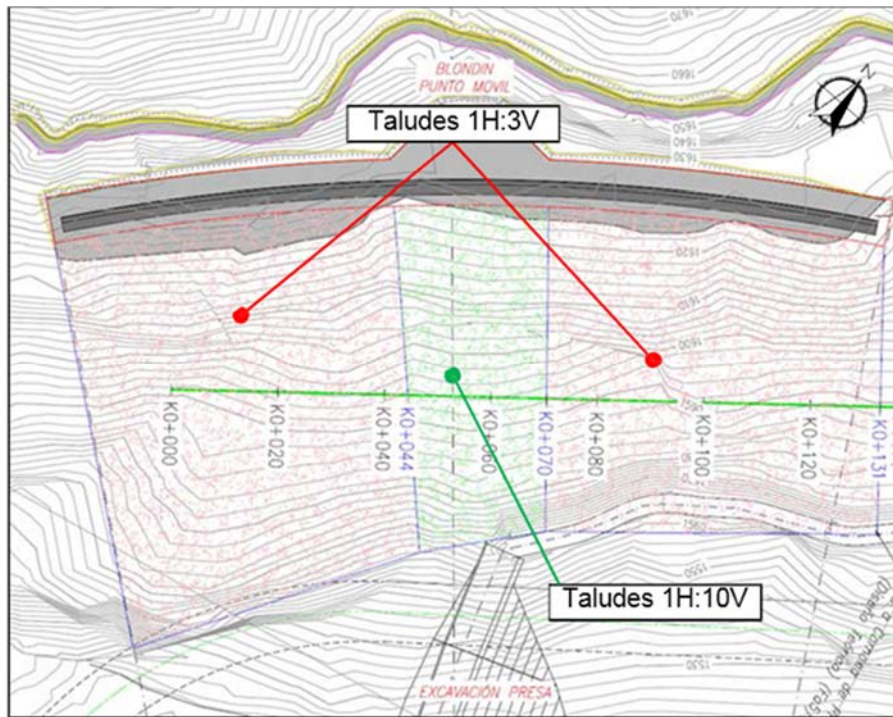


**Foto 4.01.** Talud inferior del blondin móvil (Fuente CRM-CHCDA).

De acuerdo con la geología, topografía, así como las evaluaciones de campo, se definen las condiciones de contorno del modelo geológico-geotécnico, las cuales fueron importantes al momento de evaluar las condiciones de estabilidad de los taludes inferiores del punto móvil del blondin. Las condiciones de contorno fueron las siguientes:

- La roca en el talud inferior se presentó de mala a regular calidad, con presencia de roca fracturada a medianamente fracturada.
- En la zona del camino de acceso se consideró una carga distribuida de 50 KN/m<sup>2</sup>, equivalente al peso de equipo de 50 ton.
- En la zona del eje de la presa, los taludes de corte del acceso a la presa fueron de 1H:10V, ubicados en progresiva Km 0+044 al Km 0+070, con pernos grado 60°,  $\phi = 32$  mm, longitud 5.8-11.8 m, malla 2.5mx2.5m.
- Los taludes adyacentes al eje de la presa y con influencia del blondin móvil, fueron de 1H:3V, ubicados en progresivas Km 0+000 al Km 0+044 y Km 0+070 al Km 0+131, con pernos grado 60°,  $\phi = 32$  mm, longitud 5.8 m, malla 2.5mx2.5m.
- Los taludes del punto móvil del blondin fueron de roca granito, de regular calidad, en general la roca se presentó alterada en la parte superficial, y fracturada, mejorando en profundidad, con planos de discontinuidad que se intersecan y buzanan a favor del talud.

En la siguiente figura se muestra las zonas con sostenimiento.



**Fig 4.03.** Zonas con sostenimiento (Fuente CRM-CHCDA).

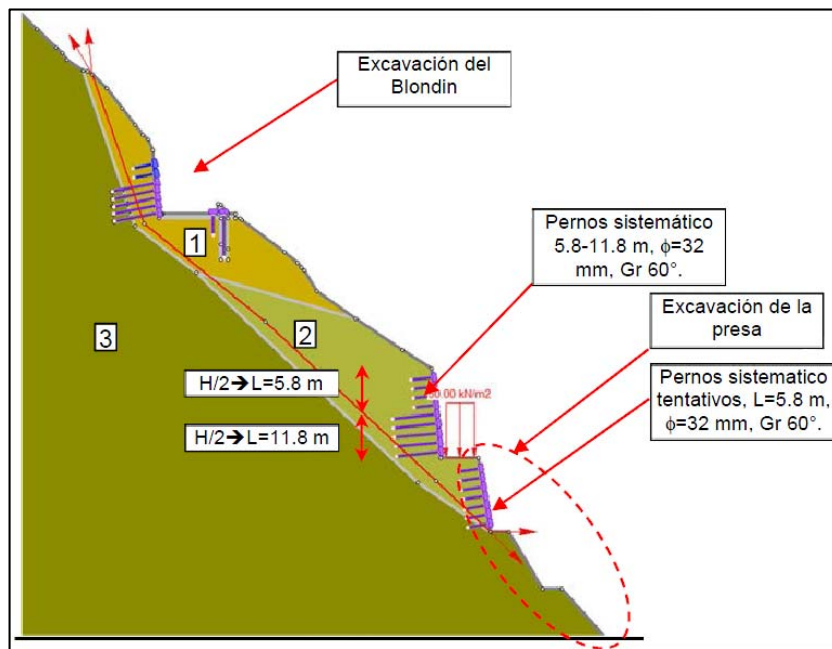
En la siguiente tabla se resume los parámetros mecánicos de la roca ubicada en la zona del blondin punto móvil.

#	Material	$\gamma$ húmedo (KN/m <sup>3</sup> )	Parámetros de Resistencia		
			Masa de roca		Aceleración ah/ av
			$c'$ (KP)	$\phi'$ (°)	
<b>Tipo de distribución probabilística:</b>			<b>Lognor</b>	<b>Normal</b>	<b>Exponencial</b>
1	Granito fracturado	26 ± 0.3	100 ± 20	38 ± 3	0.27g ± 0.09g / 0.11g ± 0.07g
2	Granito medianamente fracturado	26 ± 0.3	120 ± 30	40 ± 3	
3	Granito masivo	26 ± 0.3	500 ± 50	45 ± 3	

Nota:  $\gamma$ : Peso unitario.

**Tabla 4.01.** Matriz de variabilidad de parámetros, modelo geotécnico-geológico (Fuente CRM-CHCDA).

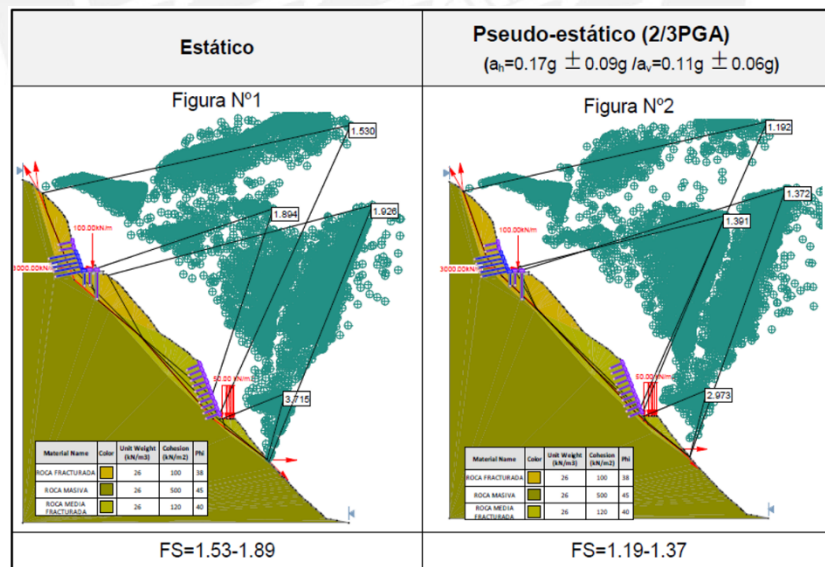
En la siguiente figura se muestra el modelo geotécnico-geológico:



**Fig 4.04.** Modelo geotécnico-geológico (Fuente CRM-CHCDA).

Se determina la estabilidad con el método de equilibrio límite (LEM), se muestra los resultados de las tres secciones a continuación:

Sección 1-1:



**Fig 4.05.** Resultados de la sección 1-1 (Fuente CRM-CHCDA).

Sección 2-2:

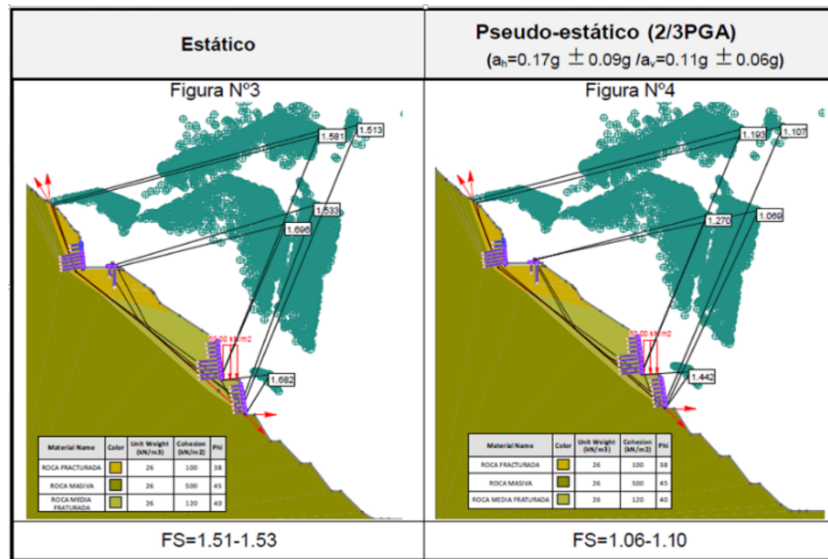


Fig 4.06. Resultados de la sección 2-2 (Fuente CRM-CHCDA).

Sección 3-3:

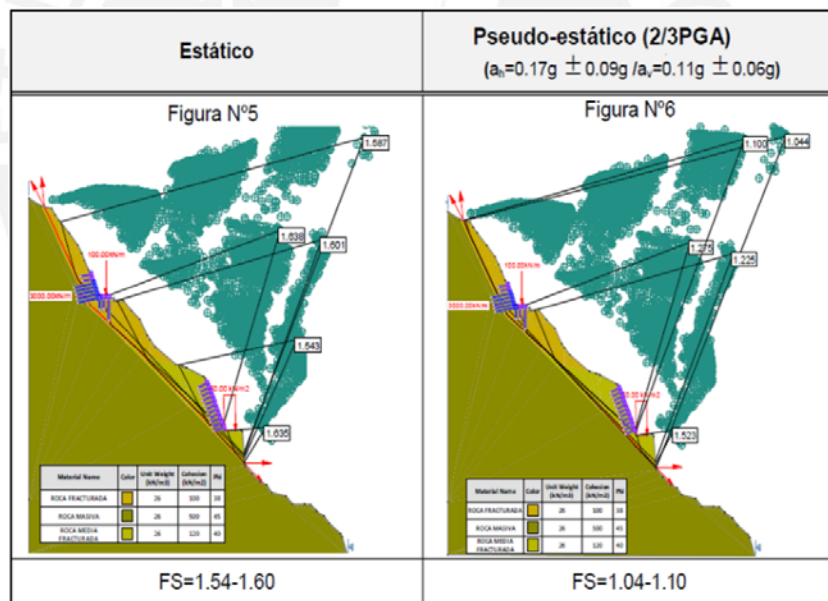
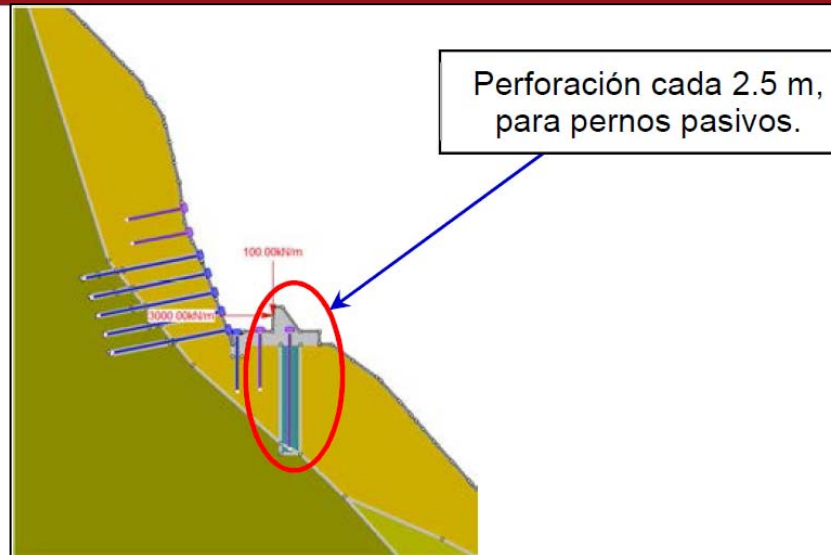


Fig 4.07. Resultados de la sección 3-3 (Fuente CRM-CHCDA).

De acuerdo a los análisis anteriores, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se necesitó colocar sostenimiento conforme se fue excavando el talud inferior de la carretera de acceso al estribo izquierdo, en la zona correspondiente al ancho del blondin móvil.
- Las alturas de excavación no fueron mayores a 4.0 m., a fin de no fracturar la roca.
- Los sistemas de sostenimiento cumplieron la función de controlar cuñas y planos de discontinuidad que pudieron ocasionar desprendimiento de rocas y por consiguiente, desestabilización del talud inferior del blondin móvil; así mismo garantiza estabilidad al pie del talud inferior del blondin móvil ante deslizamientos de tipo global. Los sistemas de sostenimiento son los siguientes:
  - Para los taludes del eje de la presa, la inclinación de los taludes fueron hasta 1H:10V, con colocación de pernos sistemáticos, malla 2.5mx2.5m, longitud 5.8-11.8m, Gr 60°, inclinación 10°+/-5°.
  - Para los taludes adyacentes al eje de la presa y que comprendieron el talud inferior del blondin móvil, pudieron tener una inclinación de hasta 1H:3V, con colocación de pernos sistemáticos malla 2.5mx2.5m, longitud 5.8m, Gr 60°, inclinación 10° +/-5°.
  - En la zona de cimentación del blondin móvil, correspondiente al borde del talud inferior, la calidad de la roca superficialmente se presentó de regular a mala calidad; fue necesario evaluar el tipo de sostenimiento, para ello se verificó la calidad de la roca en profundidad mediante perforaciones proyectadas para la primera fila de pernos pasivos, de acuerdo a cómo se observa en la siguiente figura. Para el caso de la perforación se midió la velocidad de perforación, continuidad de la perforación, volumen de inyección. El esquema de la perforación para pernos pasivos se muestra en la siguiente figura.





**Fig 4.08.** Esquema de perforación para pernos pasivos (Fuente CRM-CHCDA).

- El geólogo en obra, en la zona de influencia del blondin móvil evaluó la necesidad de agregar una capa de shotcrete de 5 cm, C20/25, en zona donde la roca pudo ser alterada y de muy mala calidad.

#### 4.1.1.2. Criterios de análisis

El punto móvil del blondin es una estructura de concreto armado de un nivel, compuesta por una losa de ancho 8.78 m en los extremos y de 18.5 m en el centro, en su borde externo posee una viga invertida de forma trapezoidal, la cual sirve de anclaje y riel para la parte móvil del blondin.

A fin de proveer resistencia al arranque, la estructura ha sido diseñada contemplando la colocación de pernos de anclaje activos y pasivos en la estructura del blondin, y pernos pasivos en los taludes superiores y cimentación del blondin.

La roca en la zona del punto móvil del blondin es de tipo granito, fracturada, clasificada como de mala a regular calidad. En profundidad la roca se encuentra más masiva y de mejor calidad; presenta planos de discontinuidades que se intersectan formando cuñas y planos de discontinuidad cinemáticamente inestables.

#### Sismicidad:

Con la finalidad de conocer el peligro sísmico del área del proyecto, se ha tomado como referencia la siguiente información:

- Norma E030 de la Regulación Nacional (2003), donde muestra un mapa de zonificación sísmica del Perú a nivel regional. La central hidroeléctrica Cerro del Águila está ubicada en la Zona 2, con un coeficiente de aceleración horizontal de 0.30g.

- Estudio de peligro sísmico para la central hidroeléctrica Cerro del Águila, de fecha 22 de mayo de 2012, elaborado por el laboratorio de estructuras antisísmicas de la PUCP, se obtienen valores de coeficiente de aceleración horizontal PGA:
  - Construction Levels Earthquake, CE:  $a_h=0.13g$  –  $a_v=0.09g$ .
  - Operating Basis Earthquake, OBE:  $a_h=0.16g$  –  $a_v=0.11g$ .
  - Maximum Design Earthquake, MDE:  $a_h=0.25g$  –  $a_v=0.16g$ .
  - Maximum Credible Earthquake, MCE:  $a_h=0.39g$  –  $a_v=0.26g$ .

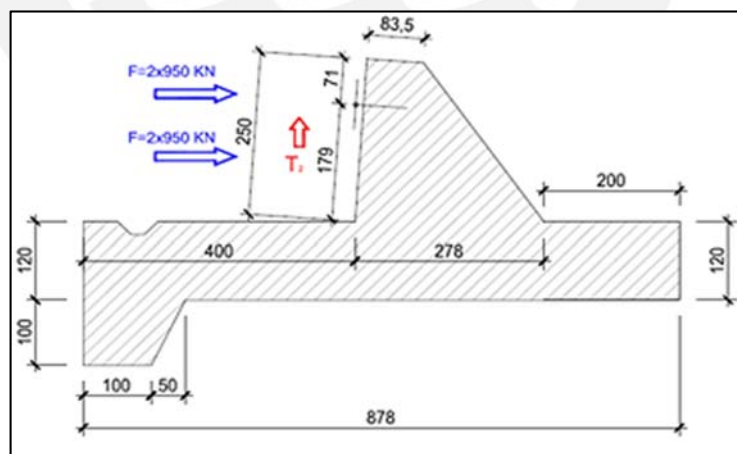
Para estructuras de tierra existe el efecto de amortiguamiento y la energía en todo el registro de aceleración no es puntual; en tal sentido para los análisis de estabilidad fue estimada que la aceleración sea los  $2/3 \times \text{PGA}$ , siendo el coeficiente de aceleración máxima horizontal igual a  $0.26g$  y vertical  $0.17g$ .

#### Cargas actuantes sobre el blondin punto móvil:

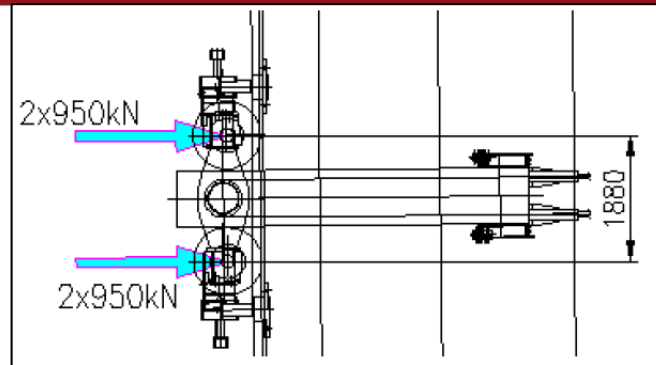
Se consideran las siguientes cargas:

- Peso de la superestructura, compuesto por el peso propio de los cables, concreto y otros.
- Peso de la infraestructura, compuesto por losas.
- Factor de amplificación de cargas.

La distribución de cargas en la parte móvil del blondin se presenta en las siguientes figuras.



**Fig 4.09.** Distribución de cargas en la parte móvil del blondin. Vista transversal. Medidas en centímetro. (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).



**Fig 4.10.** Distribución de cargas en la parte móvil del blindaje. Vista planta. Medidas en milímetros. (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

#### Cargas actuantes sobre el talud:

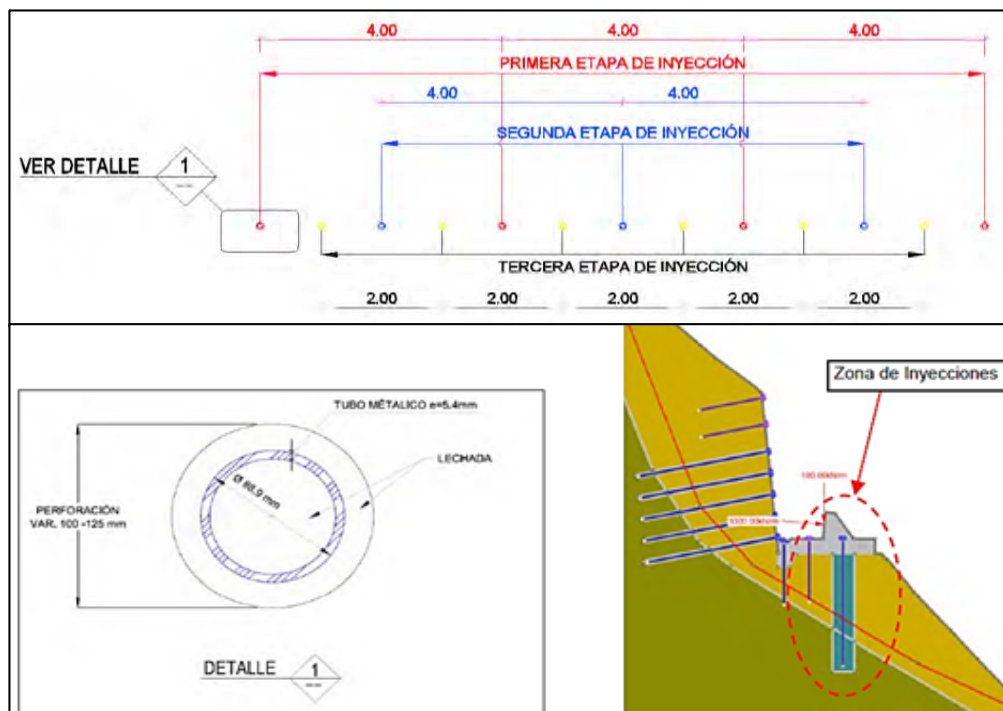
- **Cargas verticales:**
  - 2 Fuerzas verticales con dirección hacia arriba  $T_2=2 \times 50$  KN.
  - El peso de la sección del blindaje Móvil:
    - Losa lateral:  $W = 387$  KN/m en un ancho medio de 7.8 m, se tendría un peso de 3019 KN/m.
    - Borde lateral:  $W = 387$  KN/m en un ancho medio de 6.8 m, se tendría un peso de 2631 KN/m.
  - 03 filas de pernos pasivos (dos filas cada 2.5 m y una fila cada 2.0 m), perno pasivo  $\phi=32$  mm,  $Gr=60^\circ$ ,  $f_y=420$  MPa, esfuerzo de trabajo al 50% de la carga elástica, siendo 200 KN, resistencia a corte 135 KN.
  - 04 Pernos activos en los bordes extremos de la losa, cada 1.5 m, perno activo  $\phi = 36$  mm,  $Gr=150^\circ$ ,  $f_y=830$  MPa, esfuerzo de trabajo al 50% de la carga elástica, siendo 500 KN, resistencia a corte 360 KN.
- **Cargas horizontales:**
  - 2 Fuerzas horizontales ( $F = 2 \times 950$  KN) moviendo el carro (1.88 m entre apoyos).
- **Fuerza inercial sísmica:**
  - $H_{Lateral}=0.16 \times 3019= 483$  KN. (MDE),
  - $H_{Lateral}=0.16 \times 2631= 420$  KN. (MDE).
  - $H_{Lateral}=0.26 \times 3019= 784$  KN. (MCE),
  - $H_{Lateral}=0.26 \times 2631= 684$  KN. (MCE).

#### Condiciones de contorno:

De acuerdo a lo presentado en el punto 4.1.1.1, se resume lo siguiente:

- Los taludes superiores oscilan entre 1.0H: 10.0V, de 20 m de altura.

- Los taludes del punto móvil del blondin son de roca Granito, de mala a regular calidad; en general la roca se presenta alterada y fracturada en la parte superficial, mejorando en profundidad, con planos de discontinuidad que se intersecan y buzanan a favor del talud.
- Las perforaciones de los pernos activos y/o pasivos en la estructura del blondin servirán para realizar las inyecciones globales de consolidación primaria, secundaria y terciaria, a fin de mejorar zonas alteradas y fracturadas de la cimentación de la roca del blondin. La distribución de inyecciones se muestra en la siguiente figura.



**Fig 4.11.** Distribución de inyecciones (Fuente CRM-CHCDA).

- Los pernos pasivos del talud superior fueron inyectados a gravedad y los pernos pasivos de la estructura del blondin fueron inyectados a presión; el perno de anclaje tuvo diámetro de  $\varnothing=32$  mm, malla de 2.0m x 2.0m a 2.5m x 2.5m, longitud variable  $L=5.8-11.8$  m (Grado 60°).
- Pernos activos tuvieron inyecciones de consolidación en su longitud libre e inyecciones repetitivas en la zona del bulbo, con las siguientes consideraciones: longitud de bulbo de anclaje máximo de 5.0 m, longitud total  $L=15.0$  m, diámetro de  $\varnothing=36$  mm (Grado 150°, Tult=107 ton, Telástico=86 ton, ASTM A-722), cada 2.0 m, tipo DYWIDAG o similar.

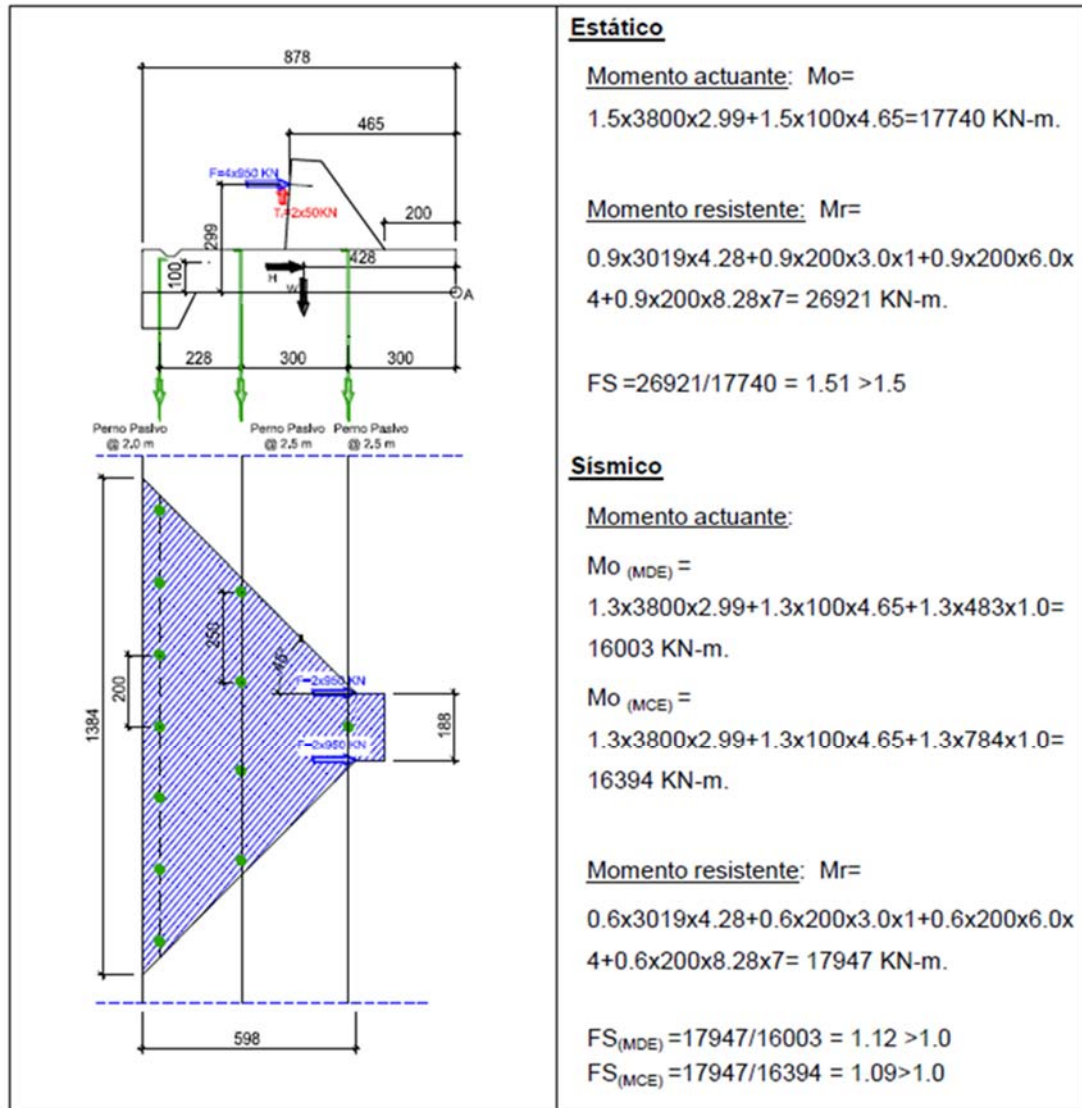
#### 4.1.1.3. Evaluación técnica

##### Estabilidad por volteo:

Estabilidad contra el volteo respecto al punto "A":

Zona central:

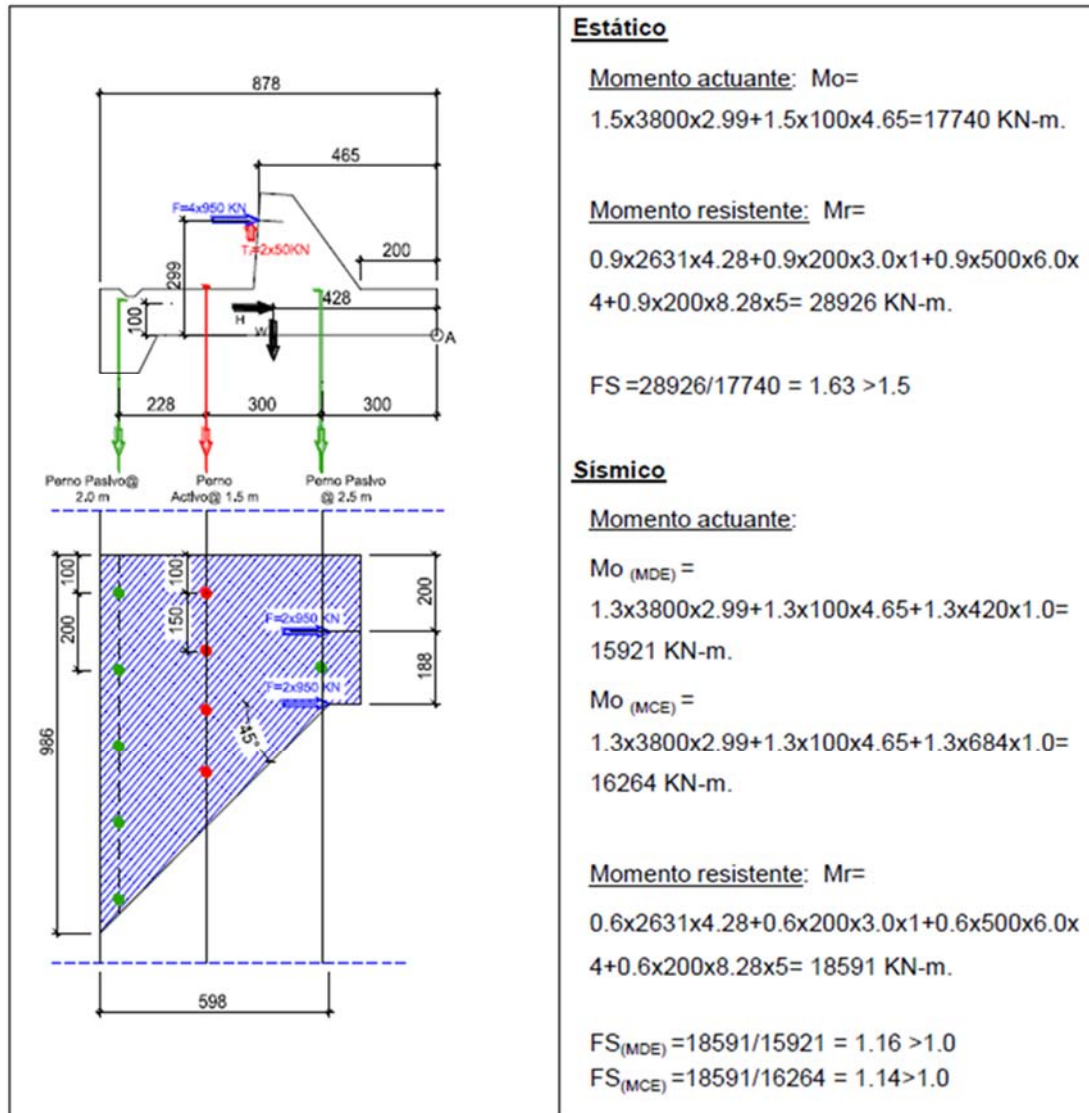
La distribución de pernos y la estabilidad frente al volteo de la zona central se presenta en la siguiente figura.



**Fig 4.12.** Distribución de pernos y estabilidad frente al volteo (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

Borde externo:

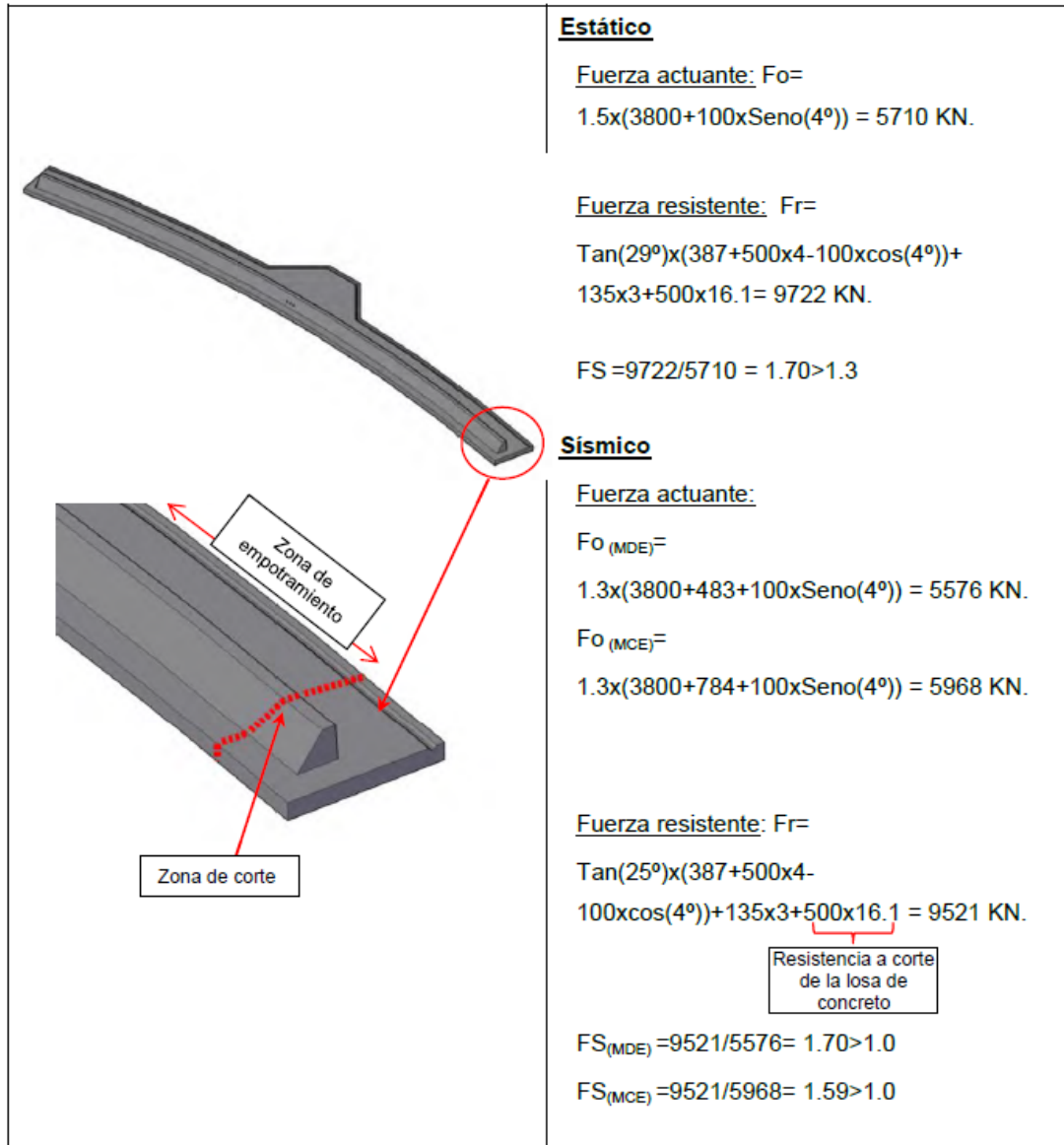
La distribución de perno y la estabilidad frente al volteo del borde externo se presenta en la siguiente figura.



**Fig 4.13.** Distribución de perno y estabilidad frente al volteo (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

**Estabilidad por desplazamiento:**

La estabilidad frente al desplazamiento se presenta en la siguiente figura.



**Fig 4.14.** Estabilidad frente al desplazamiento (Fuente CRM-CHCDA).

4.1.1.4. Plano de detalles

Con los análisis presentados se obtuvo el plano de detalles del blondin móvil, el cual se presenta en el Anexo 2.2.

Parte del plano de detalles del blondin móvil se presenta en la siguiente figura.

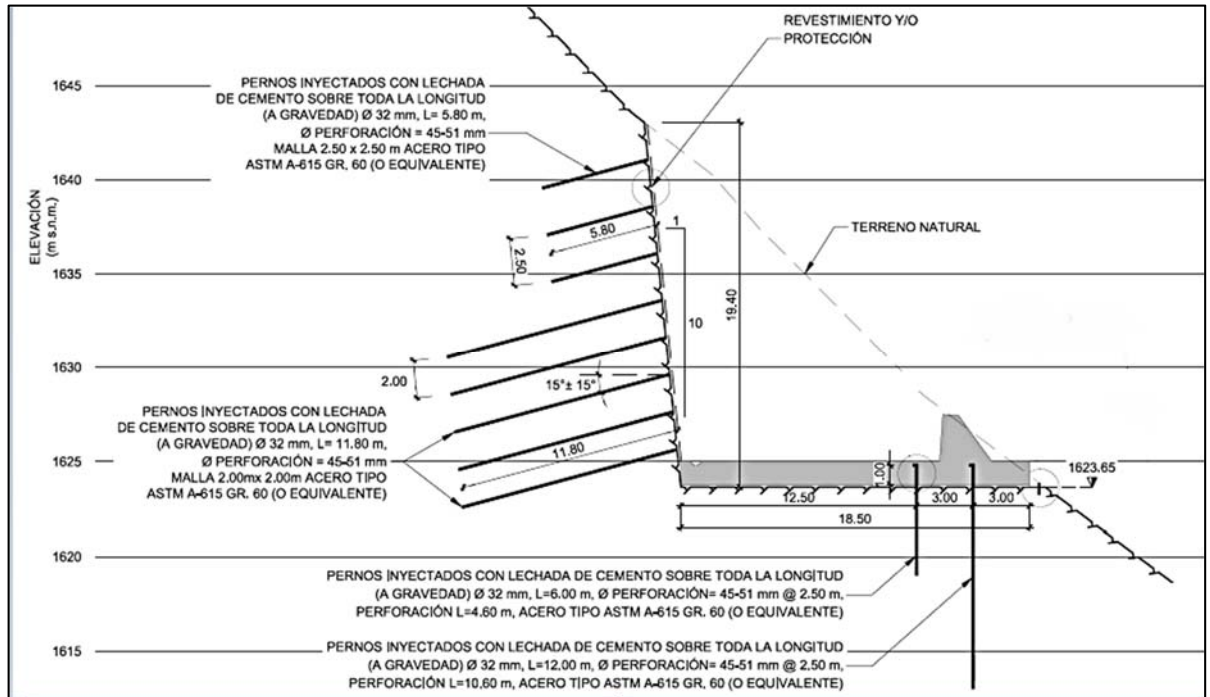


Fig 4.15. Plano de elevación (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).



#### 4.1.1. Punto fijo

##### 4.1.2.1. Evaluación de taludes

El análisis de los taludes tuvo como criterio de análisis lo siguiente:

- Método de equilibrio limite (LEM):
  - Mínimo factor de seguridad estático FS:  $\geq 1.5$
  - Mínimo factor de seguridad Pseudo-estático (MCE) FS:  $\geq 1.0$

En la siguiente figura se muestra la sección de análisis:



**Foto 4.02.** Vista en perfil de los trabajos de excavación en el punto fijo del blondin (Fuente CRM-CHCDA).

De acuerdo a la geología, topografía, así como las evaluaciones de campo, se definen las condiciones de contorno, las cuales fueron las siguientes:

- La roca en el talud inferior se presentó de regular calidad, con presencia de roca medianamente fracturada.
- En la zona del camino de acceso se consideró una carga distribuida de 50 KN/m<sup>2</sup>, equivalente al peso de equipo de 50 ton.
- Los taludes del punto fijo del blondin fueron de roca Granito, de regular calidad.

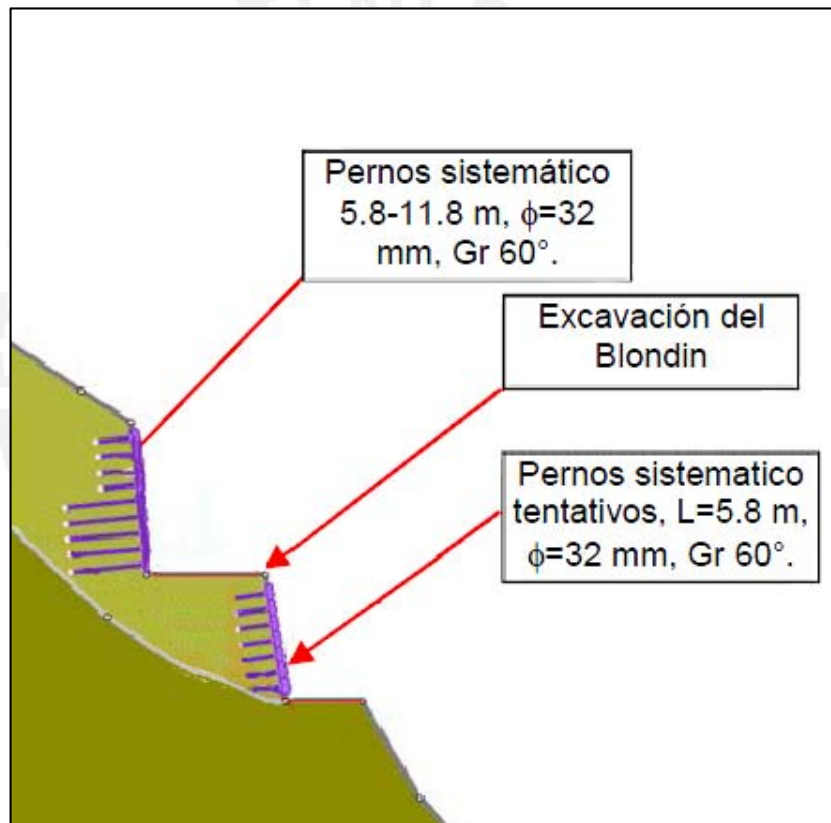
En la siguiente tabla se resume los parámetros mecánicos de la roca ubicada en la zona del blondin del punto fijo.

#	Material	$\gamma_{\text{humedo}}$ (KN/m <sup>3</sup> )	Parámetros de Resistencia		
			Masa de roca		Aceleración $a_h / a_v$
			$c'$ (KPa)	$\phi'$ (°)	
<b>Tipo de distribución probabilísticas:</b>			<b>Lognorm</b>	<b>Normal</b>	<b>Exponencial</b>
1	Granito medianamente fracturado	$26 \pm 0.3$	$120 \pm 30$	$40 \pm 3$	$0.27g \pm 0.09g / 0.11g \pm 0.07g$

Nota:  $\gamma$ : Peso unitario.

**Tabla 4.02.** Matriz de variabilidad de parámetros, modelo Geotécnico-Geológico (Fuente CRM-CHCDA).

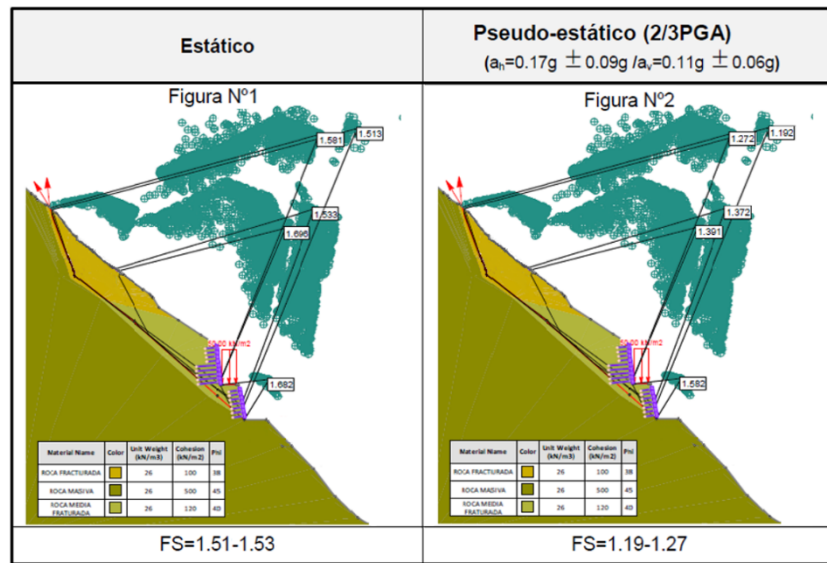
A continuación se presenta el modelo geotécnico-geológico:



**Fig 4.16.** Modelo geotécnico-geológico (Fuente CRM-CHCDA).

Se determina la estabilidad con el método de equilibrio límite (LEM), se muestra el resultado de la sección a continuación:

Sección 1-1:



**Fig 4.17.** Resultado de la sección (Fuente CRM-CHCDA).

De acuerdo a los análisis anteriores, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se necesitó colocar sostenimiento conforme se fue excavando el talud inferior de la carretera de acceso al estribo izquierdo, en la zona correspondiente al ancho del blondin móvil.
- Las alturas de excavación no fueron mayores a 4.0 m., a fin de no fracturar la roca.
- La inclinación de los taludes fueron hasta 1H:10V, con colocación de pernos sistemáticos, malla 2.5mx2.5m, longitud 5.8-11.8m, Gr 60°, inclinación 10°+/-5°.

**4.1.2.2. Criterios de análisis**

El punto fijo del blondin es una estructura de concreto armado de dos niveles, compuesta por una losa inferior de ancho 23.8 m y largo 14 m; una losa superior de ancho 20 m y largo 11 m. A fin de proveer resistencia al arranque, la estructura ha sido diseñada contemplando la colocación de pernos pasivos en los taludes superiores y cimentación del blondin. La roca en la zona del punto fijo del blondin es de tipo granito, roca fracturada, clasificada como de regular calidad.

**Sismicidad:**

Con la finalidad de conocer el peligro sísmico del área del proyecto, se ha tomado como referencia la siguiente información:

- Coeficiente de aceleración horizontal de 0.30g según Norma E030 de la Regulación Nacional (2003).

- Valores de coeficiente de aceleración horizontal PGA:
  - Construction Levels Earthquake, CE:  $a_h=0.13g$  –  $a_v=0.09g$ .
  - Operating Basis Earthquake, OBE:  $a_h=0.16g$  –  $a_v=0.11g$ .
  - Maximum Design Earthquake, MDE:  $a_h=0.25g$  –  $a_v=0.16g$ .
  - Maximum Credible Earthquake, MCE:  $a_h=0.39g$  –  $a_v=0.26g$ .

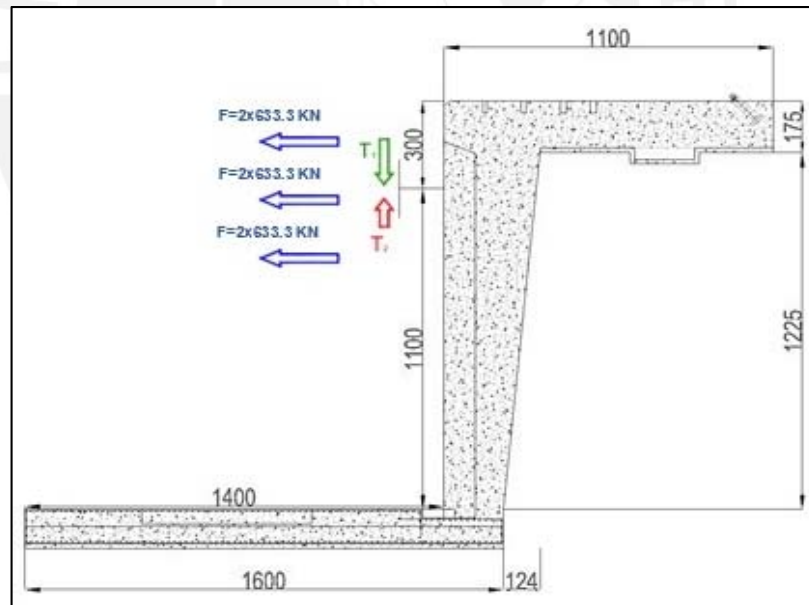
Por efecto de amortiguamiento, para los análisis de estabilidad fue estimada que la aceleración sea los  $2/3 \times \text{PGA}$ , siendo el coeficiente de aceleración máxima horizontal igual a  $0.26g$  y vertical  $0.17g$ .

### Cargas actuantes sobre el blondin fijo:

Se consideran las siguientes cargas:

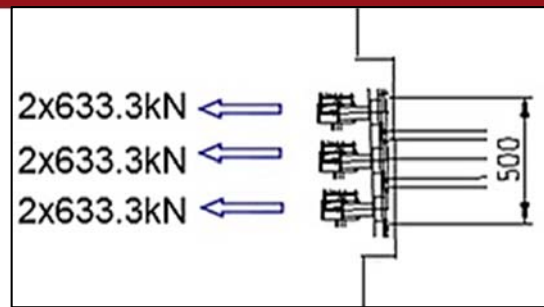
- Peso de la superestructura, compuesto por el peso propio de los cables, concreto y otros.
- Peso de la infraestructura, compuesto por losas.
- Factor de amplificación de cargas.

La distribución de cargas en la parte fija del blondin se presenta en las siguientes figuras.



**Fig 4.18.** Distribución de cargas en la parte fija del blondin. Vista transversal.

(Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).



**Fig 4.19.** Distribución de cargas en la parte fija del blondin. Vista planta. (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

#### Cargas actuantes sobre el talud:

##### - Cargas verticales:

- 2 Fuerzas verticales con dirección hacia abajo  $T1=2 \times 50$  KN.
- El peso del blondin fijo:
  - Losas:  $W = 23$  KN/m<sup>3</sup>, para la sección transversal del elemento, se tiene un peso total de 36,432 KN.
- 6 filas de pernos pasivos cada 2.00m,  $\phi=32$  mm,  $Gr=60^\circ$ ,  $f_y=420$  MPa, esfuerzo de trabajo al 50% de la carga elástica, siendo 200 KN, resistencia a corte 135 KN.

##### - Cargas horizontales:

- 3 Fuerzas horizontales ( $F = 2 \times 633.3$  KN) generada por el soporte del mini car.

##### - Fuerza inercial sísmica:

- $H_{Lateral}=0.16 \times 36,432 = 5,829$  KN. (MDE),
- $H_{Lateral}=0.26 \times 36,432 = 9,472$  KN. (MCE),

#### Condiciones de contorno:

De acuerdo a lo presentado en el punto 4.1.1, se resume lo siguiente:

- Pernos pasivos inyectados a gravedad en zona del talud superior del blondin, y los pernos pasivos de la estructura del blondin fueron inyectados a presión; el perno de anclaje tuvo diámetro de  $\phi=32$  mm, malla de 2.0m x 2.0m a 2.5m x 2.5m, longitud variable  $L=5.8-11.8$  m (Grado  $60^\circ$ ).
- Pernos activos tuvieron inyecciones de consolidación en su longitud libre e inyecciones repetitivas en la zona del bulbo, con las siguientes consideraciones: longitud de bulbo de anclaje máximo de 5.0 m, longitud total  $L=15.0$  m, diámetro de  $\phi=36$  mm (Grado  $150^\circ$ ,  $T_{ult}=107$  ton,  $T_{elástico}=86$  ton, ASTM A-722), cada 2.0 m, tipo DYWIDAG o similar.

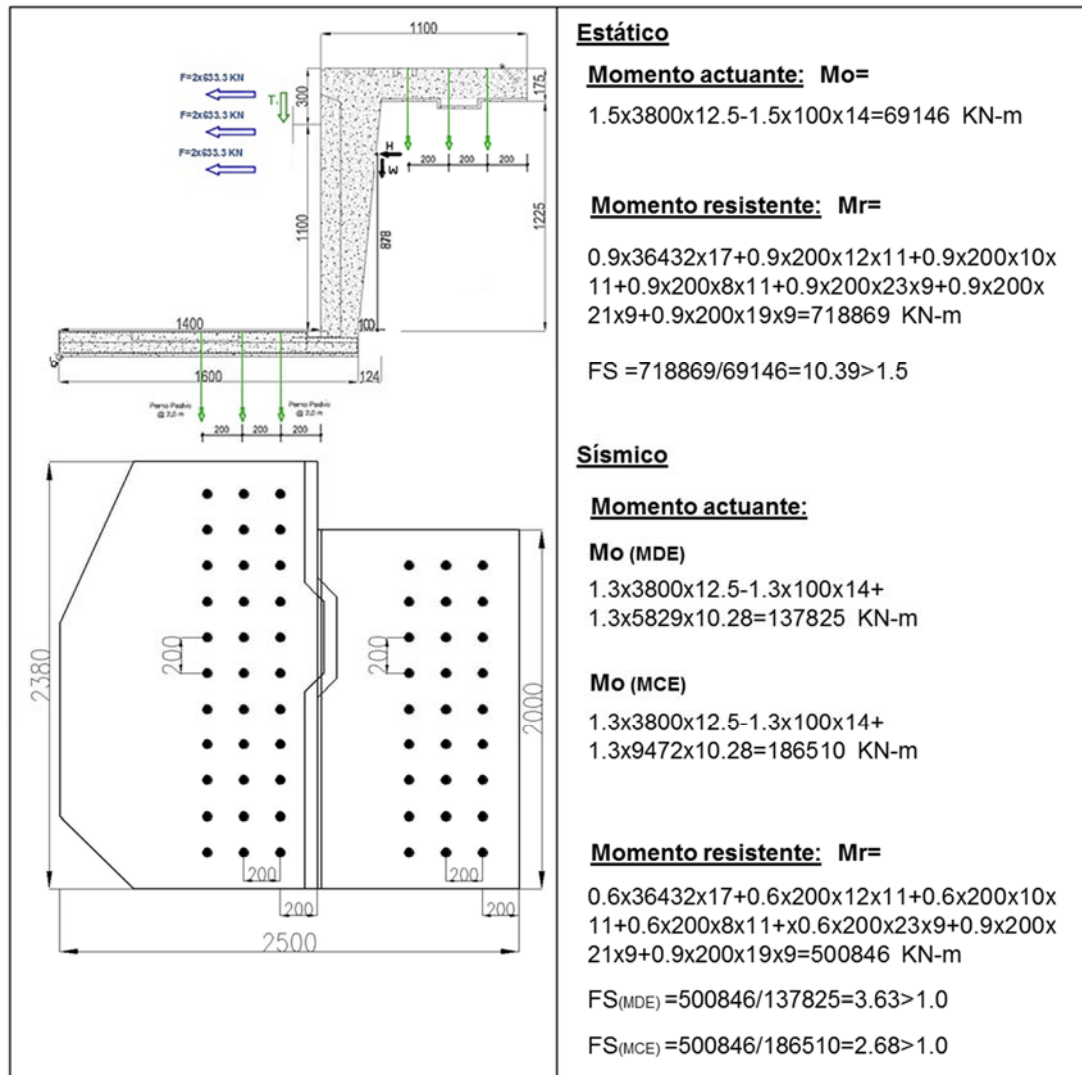
### 4.1.2.3. Evaluación técnica

#### Estabilidad por volteo:

Estabilidad contra el volteo respecto al punto "O":

Zona central:

La distribución de pernos y la estabilidad frente al volteo de la zona central se muestra en la siguiente figura.



**Fig 4.20.** Distribución de pernos y estabilidad frente al volteo. (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

#### 4.1.2.4. Plano de detalles

Con los análisis presentados se obtuvo el plano de detalles del blondin fijo, el cual se presenta en el Anexo 2.3.

Parte del plano de detalles del blondin fijo se presenta en la siguiente figura.

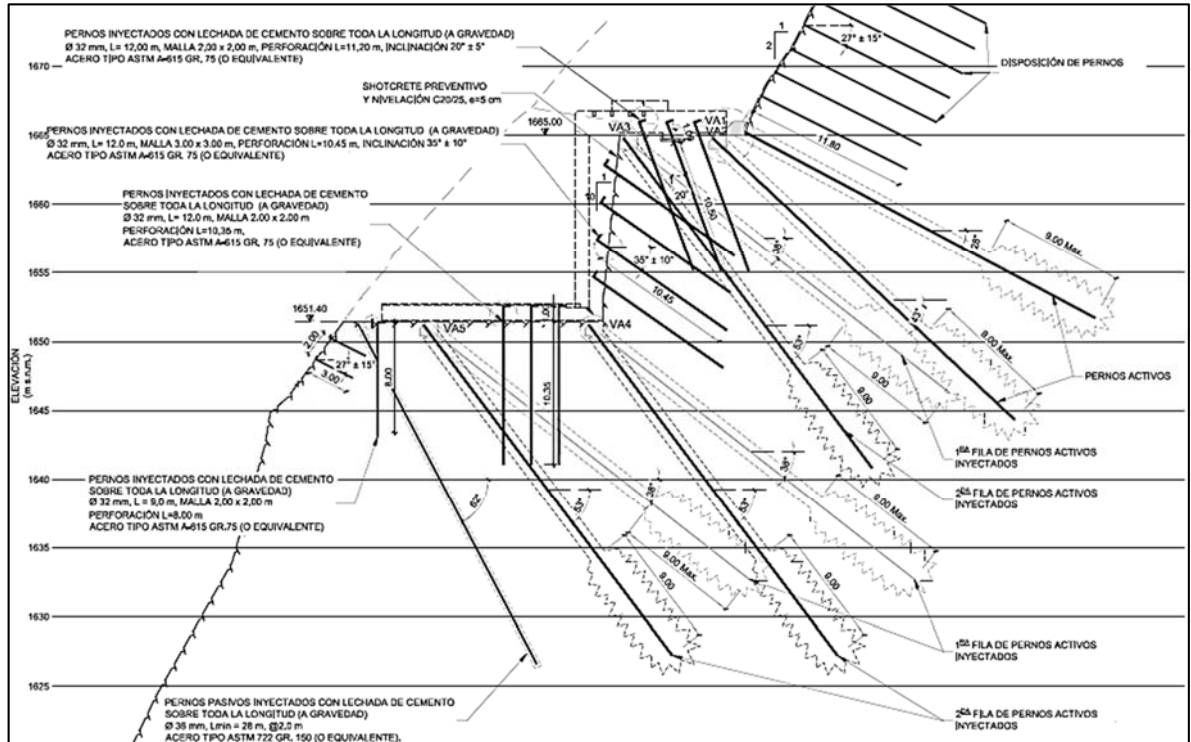


Fig 4.21. Plano de elevación. (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

## 4.2. Procedimiento de trabajo para la construcción y montaje del blondin

### 4.2.1. Evaluación de riesgos previos a la construcción y montaje

#### Identificación de peligros

El mayor peligro en la zona del punto móvil y fijo del blondin, fue la posible ocurrencia de movimientos producto del fracturamiento y planos de discontinuidad paralelos al talud de la roca, que pudieran producir el colapso o inoperatividad del blondin durante el proceso de construcción de la Presa. Estos movimientos se pueden generar tanto por evento sísmicos, cargas impuestas por el propio blondin; condiciones climáticas extremas, que pueden generar presiones internas y degradación con el tiempo de la roca de la zona del blondin.

#### Evaluación de riesgos

Para evaluar, analizar y priorizar los riesgos de los taludes del blondin, se clasifico el riesgo en frecuente, posible, ocasional, raramente e imposible. En la siguiente tabla se muestra la matriz de riesgos usada:

Probabilidad de Ocurrencia del Riesgo		Consecuencias				
		I	II	III	IV	V
		Insignificantes	Considerables	Serias	Severas	Desastroso
Frecuente (>50%)	5	Alto	Alto	Extremo	Extremo	Extremo
Posible (>20% a 50%)	4	Moderado	Alto	Alto	Extremo	Extremo
Ocasional (>10% a 20%)	3	Bajo	Moderado	Alto	Alto	Extremo
Raramente (>1% a 10%)	2	Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Alto
Imposible (≤1%)	1	Bajo	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado

**Tabla 4.03.** Matriz de riesgos (Fuente propia)

A continuación se muestra la tabla de impactos y consecuencias de riesgos para el proyecto.



Evaluación		Impactos y Significancias			
		Salud y Seguridad	Operación/ construcción	Medio Ambiente	Impacto legal
Consecuencias	Desastroso (V)	Muerte (s), Impacto serio en en la sociedad.	Interrupción Larga de la construcción del Presa, restitución de toda la estructura y/o punto móvil del Blondin.	Dstrucción, no reparable, impacto a largo plazo, compensación y larga escala de respuesta.	Operación Parada, revisión de responsabilidades, reformas, las sanciones.
	Severas (IV)	Incapacidad Permanente, impacto Significativo en la opinión pública.	Dstrucción, reparable, requiere importantes recursos para su reparación.	Dstrucción, reparable, severos impactos, requiere importantes recursos para la mitigación.	Limitantes en la continuidad de las operaciones, proceso legal.
	Serias (III)	Lesiones graves a los empleados y un impacto limitado en el público.	Moderada duración, daños parciales en el Blondin, requiere importantes recursos para su Rehabilitación.	Moderada duración, destrucción parcial de instalaciones y deterioro moderado, requiere importantes recursos para la mitigación.	Citación, multas, juicios de compensación, baja restauración.
	Considerable (II)	Lesiones menores al personal, sin impacto para el público.	Zonas puntuales a reparar, requiere limitada y corta respuesta.	Corto plazo, requiere limitada y corta respuesta.	Advertencia
	Insignificantes (I)	Ninguna lesión o enfermedad del personal	Solo requiere una inspección y/o rehabilitación puntual.	Menores: Solo requiere una respuesta menor o ninguno.	Requiere una explicación, pero no tiene consecuencias jurídicas.

Tabla 4.04. Impactos y consecuencias de riesgos. (Fuente propia).

### Plan y manejo de riesgos

Se realizó el siguiente plan para mitigar y manejar los riesgos en función a los diseños proyectados, controles y acciones a implementar.

Zona	Evento	Peligro	Probabilidad/ Consecuencia	Controles y diseños	Severidad del Riesgo
Blondin	Violento sismo	Movimiento de la masa de roca del blondin.	Raramente/ Severas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño de los taludes y cimentación del blondin con sistemas de reforzamiento mediante pernos activos y pasivos, mejoramiento mediante inyecciones.</li> <li>Inspección y control de calidad de la excavación e instalación de los sistemas de reforzamiento implementado.</li> <li>Instrumentación y monitoreo – sistema de alerta temprana.</li> </ul>	Alto
	Lluvias extraordinarias			<ul style="list-style-type: none"> <li>Adecuado sistema de drenaje superficial, compuesto por un canal de coronación en la parte superior del blondin.</li> <li>Colocación de una barrera dinámica para eventuales caídas de bloques de roca.</li> <li>Inspección y control de deformación del talud.</li> </ul>	

Tabla 4.05. Plan y manejo de riesgos. (Fuente propia).

En la tabla anterior, se indica que la probabilidad es raramente, debido a la baja posibilidad de que el peligro ocurra frente a los eventos mencionados realizando los controles y diseños señalados. Además, durante el estudio preliminar se realizó el

estudio de taludes con su respectiva estabilización con mallas y pernos; luego, se realizó las evaluaciones técnicas de las estructuras, tanto del blondin punto móvil y punto fijo. La consecuencia de la ocurrencia del peligro es severa ya que atentaría contra la vida del personal, el estado de las maquinas, equipos y estructuras ubicados en el lugar de trabajo.

Adicionalmente se presenta la matriz de identificación de peligro, evaluación de riesgos y medidas de control (IPERC) y la matriz de control operacional ambiental (MCOA) en el Anexo 3.3.

#### 4.2.2. Cronograma de construcción y montaje del blondin

El cronograma comprende la orden de compra, los trabajos de obras civiles y el montaje electromecánico.

Se presenta el cronograma Gantt en el Anexo 3.1.

#### 4.2.3. Presupuesto

El presupuesto que comprende los trabajos de obras civiles es el siguiente:

Actividad	009976-01 - Blondin: Obras civiles
Linea Contgest	
Tipo de Artículo	Monto en USD
Mano de obra	298,231.61
Materiales	741,541.99
Subcontratación	1,902,060.71
Equipamiento	1,237,210.18
<b>Total general</b>	<b>4,179,044.49</b>

**Tabla 4.06.** Presupuesto de obras civiles – sistema blondin (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

El presupuesto que comprende los trabajos del montaje electromecánico es el siguiente:

Actividad	009976-02 - Blondin: Montaje
Linea Contgest	
Tipo de Artículo	Monto en USD
Mano de obra	84,551.95
Materiales	98,291.24
Subcontratación	19,524.86
Equipamiento	471,463.93
<b>Total general</b>	<b>673,831.98</b>

**Tabla 4.07.** Presupuesto del montaje electromecánico – sistema blondin (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

#### 4.2.4. Proceso constructivo

Se presenta el panel fotográfico de las actividades durante la construcción del punto móvil y punto fijo del blondin en el Anexo 3.2.

### 4.3. Procedimiento de trabajo para la operación del blondin

#### 4.3.1. Plan y manejo de riesgos

Se presenta el plan y manejo de riesgos previos al funcionamiento del blondin:

Zona	Evento	Peligro	Probabilidad/ Consecuencia	Controles	Severidad del Riesgo
Blondin	Funcionamiento del blondin	Caída de material transportado.	Raramente/ Severas	Charlas de seguridad. Charlas de inducción sobre el traslado de concreto al cuerpo de la presa con blondin	Alto
		Aplastamiento por atropello debido a un desplazamiento incorrecto del carro.			
		Resbalamiento y caída en terreno accidentado.			

**Tabla 4.08.** Plan y manejo de riesgos para el funcionamiento del blondin (Fuente propia).

Según lo señalado en la tabla anterior, el riesgo se evitará con los controles mencionados, además, el personal que controle el funcionamiento del blondin es capacitado rigurosamente.

Se presenta el IPERC y el MCOA en el Anexo 3.4.

#### 4.3.2. Trabajos preliminares

Se realiza el siguiente procedimiento:

- Todo equipo debe ser previamente evaluado y aprobado por el responsable del blondin en coordinación con un representante de Prevención de Riesgos y Gestión Ambiental.
- Se realiza una inspección diaria mediante un control de frecuencias de problemas mecánicos, registrándose en una bitácora al día y se revisa inspecciones anteriores de las unidades para comprobar el levantamiento de las observaciones.
- Antes de comenzar los trabajos con el blondin, los operadores llenan la "lista de verificación de operación de blondin".

- Se realiza el ATS, análisis de trabajo seguro, con todo el personal involucrado y se brinda una capacitación explicando el procedimiento a seguir para la maniobra.
- Se despeja adecuadamente el área de maniobras, asegurando en lo posible que en esta solo se encuentre el personal directamente involucrado en la maniobra y/o el personal que trabaja en la presa.
- Se indica al supervisor de campo los hallazgos encontrados durante la inspección para tomar acciones correctivas si las hubiera y dar recomendaciones de ser necesario para corregir actos o condiciones sub estándares. Así mismo se le reportará el resultado de la maniobra, indicando la hora de inicio, término de la operación y los resultados de la misma.
- Se realiza una inspección de todos los equipos de protección personal (casco, lentes de seguridad, botas punta de acero, guantes de cuero, ropa para agua, chaleco reflectivo, etc.) a utilizar en la operación, verificando que estén certificados y aprobados.
- Se verifica que los equipos de izaje, las herramientas manuales y eléctricas que se vayan a utilizar cumplan con los estándares y procedimientos de trabajo.
- Los operadores del equipo son capacitados y autorizados por las áreas responsables. Además de conocer el procedimiento, solo el personal capacitado y autorizado podrá realizar el trabajo.

#### **4.3.3. Puesta en marcha del blondin punto móvil**

Al inicio de operación con el blondin, ya sea después de haber hecho una parada por mantenimiento o por tener un tiempo de paro de no trabajo, los operadores situados en el punto móvil del blondin realizan los siguientes pasos:

1. Verificar la presencia de tensión en el contenedor eléctrico mediante los pilotos de presencia de tensión y el voltímetro colocados en las puertas del cuadro eléctrico.
2. Encender los ventiladores tanto de los variadores y de los motores de traslación y levante por medio de los interruptores.
3. Verificar que las puertas de los armarios estén correctamente cerradas.
4. Prender el aire acondicionado del cuadro eléctrico.
5. Verificar la correcta tensión de las baterías.
6. Controlar que toda el área de la sala motriz sea despejada. Y que nadie pueda entrar (salvo el personal autorizado).
7. Controlar que todos los mecanismos trabajen correctamente.

#### 4.3.4. Puesta en marcha del blondin cabina de mando

Al inicio de operación con el blondin, el operador de la cabina de mando debe seguir los siguientes pasos:

1. Encender la pantalla de mando “supervisor”.
2. Sentarse en la silla de mando para activar el sensor de presencia operador.
3. Oprimir el botón de restablecimiento (reset).
4. Oprimir el botón listo para la marcha.
5. Empuñar los Joystick.
6. Verificar que todo esté listo para trabajar, según los datos de la pantalla.
7. Verificar el correcto funcionamiento de la radio y llamar a cada personal verificando así la presencia del equipo de trabajo y el correcto funcionamiento de la radio de todo el equipo.

#### 4.3.5. Sistema de comunicación

Durante la maniobra se usará un sistema de comunicación simple y basada sobre un tema numeral con el fin de evitar ambigüedad.

La frecuencia de comunicación entre el operador en presa y el operador en cabina de mando será más frecuente cuando la carga está más cercana al punto final de descarga.

Normalmente el operador no hablará ya que solo realizará la maniobra que el personal en presa le solicite, con esto se confirmará la recepción del mensaje.

#### Descripción en detalle del sistema de comunicación

El blondin cuenta con tres ejes de movimiento: traslación, levante y movimiento radial.

Para la **traslación** se usa una estimación de la distancia a recorrer y se comunica en metros y el sentido al que se debe trasladar: “Hacia motriz” o “hacia carro”. Por lo tanto el personal en presa debe solo comunicar un mensaje lo más corto posible.

Para el **levante** se usa la velocidad con la que se debe mover el gancho y el sentido de movimiento: “sube” o “baja”. El número que se usará normalmente parte de 100 hacia abajo, donde 100 corresponde a 1 m/s. en equivalencia a este, podremos decir que los números menores a esta cifra son velocidades dadas en décimas de metro y resulta natural para el operador hacer la relación con lo escrito en la pantalla de supervisión.

Para movimiento **radial**: en este caso considerando que el mini car se mueve a una velocidad muy baja se usa: “Valle” o “Monte”, es decir que el operador solo tiene

que mover el mini car hasta que el personal que está comandando la maniobra diga “valle stop” o “monte stop”.

Finalmente está claro que todos los comandos son distintos, de fácil comprensión y seguros.

#### **4.3.6. Límites de funcionamiento impuestos por las condiciones atmosféricas**

El funcionamiento del blondin deberá suspenderse según los siguientes casos:

- En presencia de ráfagas de viento superiores a los 60 km/h.
- En presencia de temperaturas inferiores a los -15 °C.
- En caso de condiciones meteorológicas adversas (temporales, granizadas y nevadas intensas) y de baja visibilidad.

#### **4.4. Procedimiento de trabajo para el traslado del concreto al cuerpo de presa**

En primer lugar, el personal involucrado en esta actividad tiene conocimiento del IPERC y del MCOA, los cuales son presentados en el Anexo 3.5.

Para realizar el trabajo, el operador en cabina, ayudado por la tele cámara que se encuentra en la bahía de carga, posicionará la cubeta en la parte baja de la bahía, cerca al muro.

El llenado de la cubeta con concreto se realiza mediante el silo bus.

##### **Llenado del balde mediante silo bus**

Para el llenado del balde mediante el silo bus, se contará con un operador entrenado y autorizado para el manejo. Se realiza lo siguiente:

- Realiza la inspección de la lista de verificación del silo bus antes de iniciar labores.
- Asegura que no haya nadie realizando trabajos cerca o dentro del silo bus.
- Libera los paros de emergencia que pudieran estar puestos
- Da arranque al equipo, y lo mantiene prendido durante la jornada de trabajo.
- Para iniciar la marcha, el operador debe encender la luz blanca en dirección al lado que se moverá y después tocará el claxon dos veces.
- Se posicionará el silo bus debajo de la tolva, punto de llegada de concreto desde la planta, luego debe cerciorarse de que la bandeja de descarga esté correctamente posicionada y abierta. En caso la bandeja no lo esté, sonará una alarma que advertirá al operador. Luego esperará que sea llenado y que el operador de la planta indique que pueda partir.
- Cuando el silo bus este cargado con el concreto se dirigirá hacia el balde y posicionará la bandeja de salida de concreto justo arriba de este, si el balde no

ha llegado a la posición, esperará su llegada a una distancia prudente donde pueda garantizar que el gancho no se estrellé contra el equipo.

- Para el vaciado del concreto del silo bus se deberá posicionar la bandeja de descarga con una inclinación hacia el balde, acto seguido podrá abrir la compuerta de descarga. Cuando el concreto haya sido vaciado por completo el operador cerrará la compuerta de descarga y posicionará la bandeja. Finalmente el silo bus quedará libre para regresar a la posición inicial.

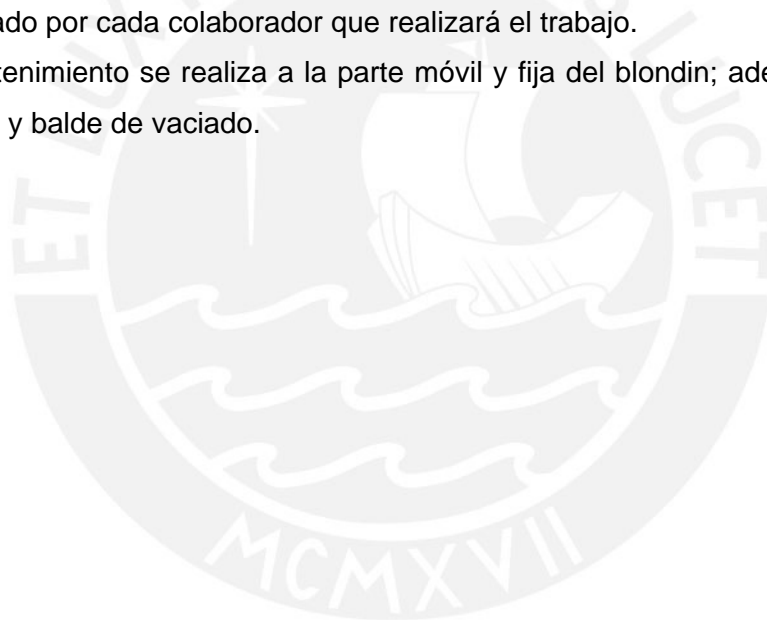
#### **4.5. Procedimiento de trabajo para el mantenimiento del blondin**

En primer lugar, el personal involucrado en esta actividad tiene conocimiento del IPERC y del MCOA, los cuales son presentados en el Anexo 3.6.

El mantenimiento se realiza de manera semanal. Todo personal es capacitado previamente por el Ingeniero responsable del área.

Para la intervención se debe comprobar que el blondin se encuentre bloqueado y etiquetado por cada colaborador que realizará el trabajo.

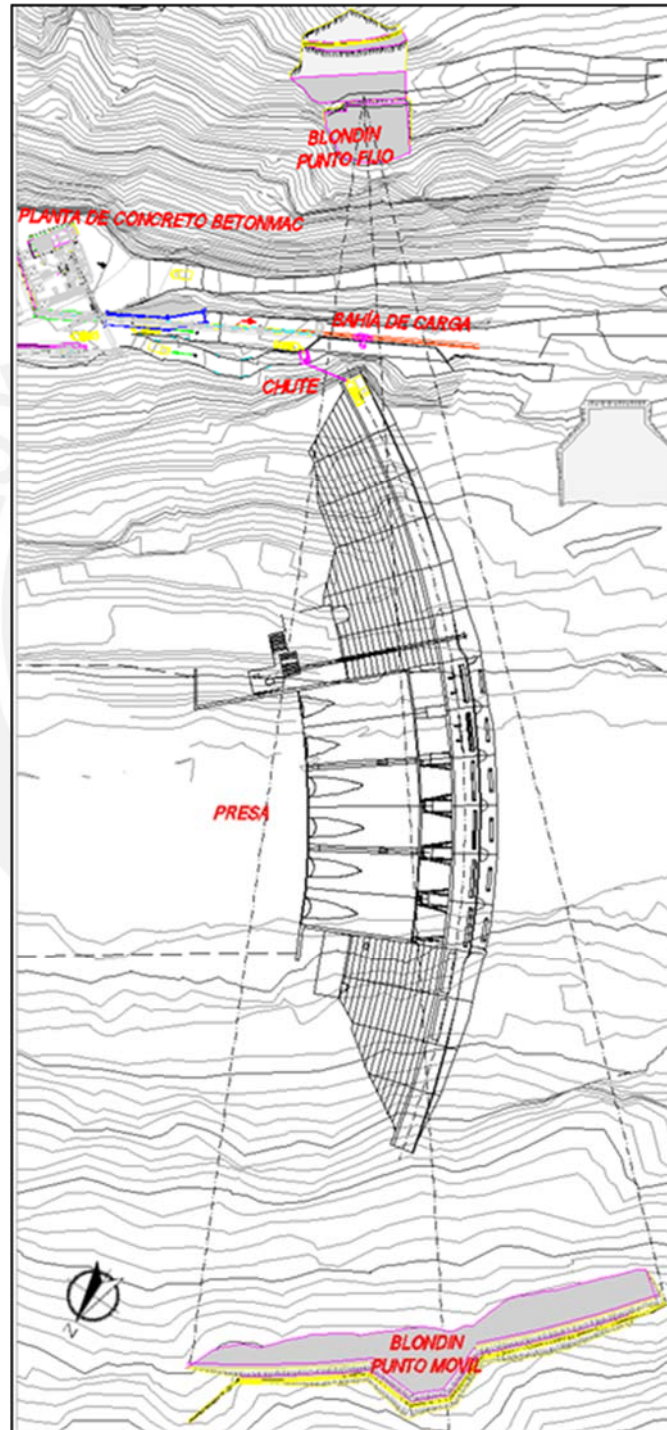
El mantenimiento se realiza a la parte móvil y fija del blondin; además, al mini car, silo bus y balde de vaciado.



## CAPÍTULO 5: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA BLONDIN

### 5.1. Descripción del entorno de trabajo

Para la realización del análisis es necesario describir las diferentes áreas y equipos que participan en la actividad de vaciado de concreto a la presa. La descripción general del entorno de trabajo se muestra en la siguiente figura.



**Fig 5.01.** Descripción general (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis)



**Presa:**

La presa tiene una altura de 86.70 metros sobre cimientos, desde la cota 1,472.0 m.s.n.m. hasta 1,558.70 m.s.n.m., por tanto tiene un total de 290 capas de vaciado.

**Planta de concreto Betonmac:**

La planta de concreto definitiva es una planta dosificadora y mezcladora de concreto, siendo su capacidad de producción nominal de 600 m<sup>3</sup>/h.

La planta definitiva es alimentada por tensión eléctrica trifásica de 440 voltios.

El caudal de consumo de agua es de 28,600.00 litros por hora aproximadamente.

El sistema de carga o alimentación, es alimentada por tensión eléctrica trifásica de 440 voltios y un consumo de energía de 400kw.

La planta de concreto Betonmac se muestra en la siguiente foto.



**Foto 5.01.** Planta de concreto Betonmac (Fuente CRM-CHCDA).

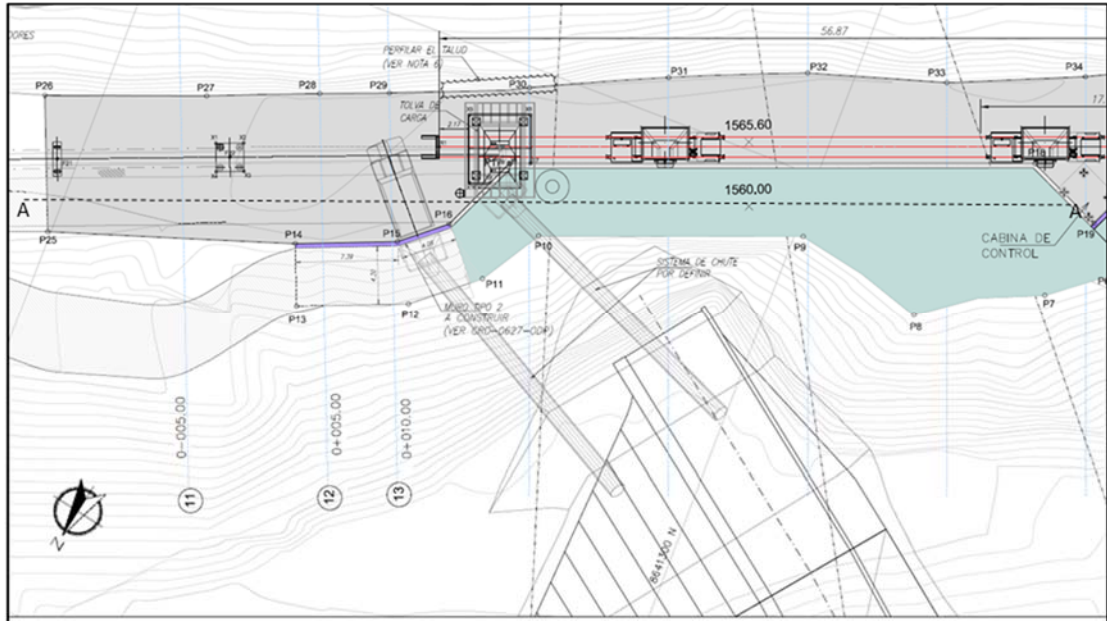
**Bahía de carga:**

Es el sistema de despacho y carga de concreto que será utilizada en la presa. Esta cuenta con cinta transportadora C32, tolva de carga de 30 m<sup>3</sup> y dos silos buses con capacidad de 9 m<sup>3</sup>, estos últimos abastecidos por diésel. La velocidad nominal del silo bus es de 0.5 a 1.0 m/s.

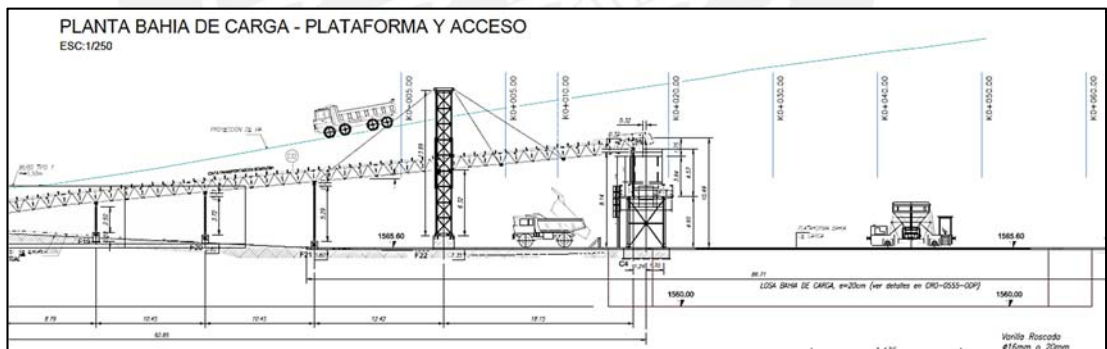
La bahía de carga cuenta con una capacidad de abastecimiento de 900 ton/h de concreto. Además es alimentada por una tensión eléctrica trifásica de 440 voltios y consumo de energía de 120kw.

La bahía alimenta directamente al chute N°2 y al silo bus, este último carga el concreto para despacharlo a la cubeta.

En la figura 5.02 se presenta el detalle en planta de la bahía de carga, además se presenta un detalle del corte de elevación en la figura 5.03.



**Fig 5.02.** Detalle en planta de la bahía de carga (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

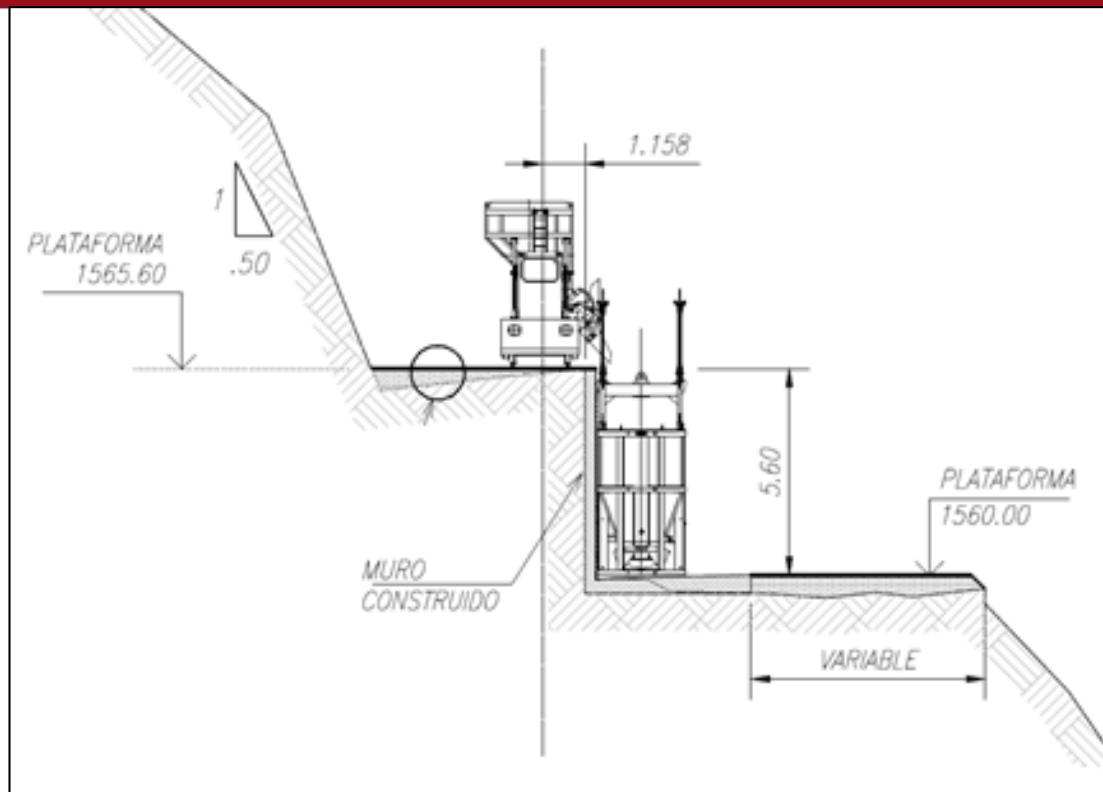


**Fig 5.03.** Detalle del corte A-A de elevación de la bahía de carga (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

**Cubeta de vaciado**

Este elemento es sujetado por el gancho del blondin y sirve para cargar el concreto a vaciar en el cuerpo de la presa. La cubeta es alimentada directamente por el silo bus, además tiene una capacidad de 9 m3.

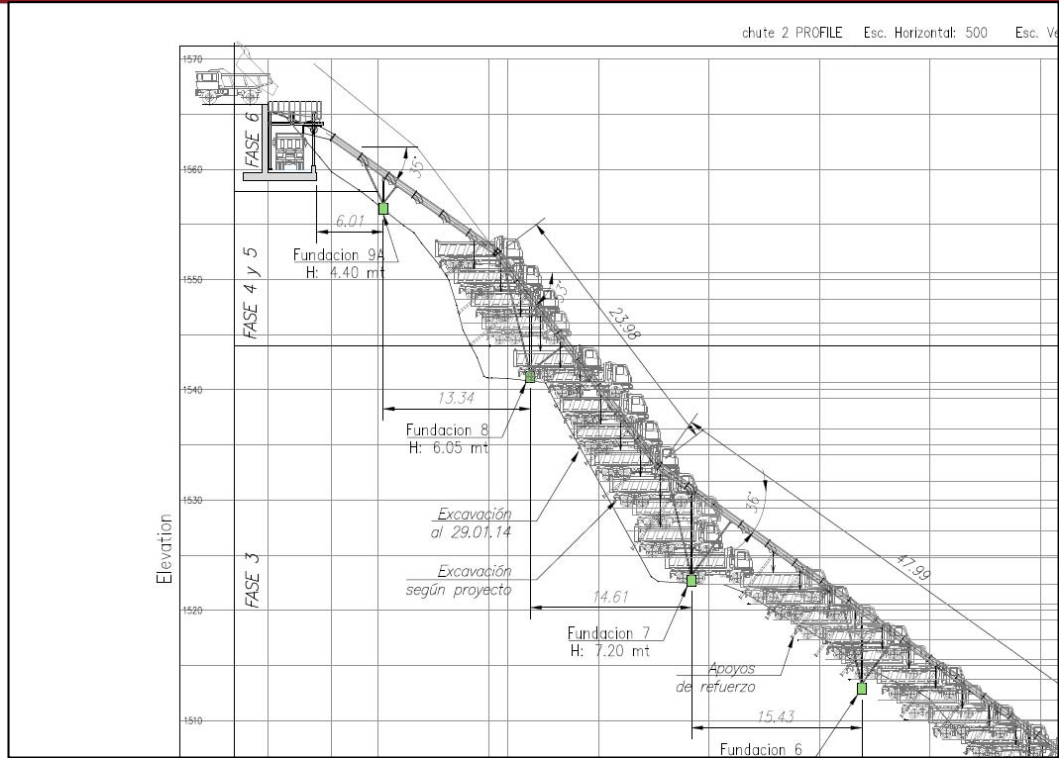
A continuación se presenta un croquis detallando al silo bus y a la cubeta.



**Fig 5.04.** Detalle del silo bus y la cubeta de vaciado (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

**Chutes:**

El proyecto tiene 2 chutes, N°1 y N°2, los cuales conducen el concreto directamente a los equipos situados en cuerpo de Presa. El N°1 es usado para transportar CCV entre dos camiones "mixer" y el N°2 es usado para CCR, el cual es enviado desde planta de concreto mediante fajas y esta la direcciona al camión volquete. El detalle de la elevación del chute N°1 se presenta en la siguiente figura.



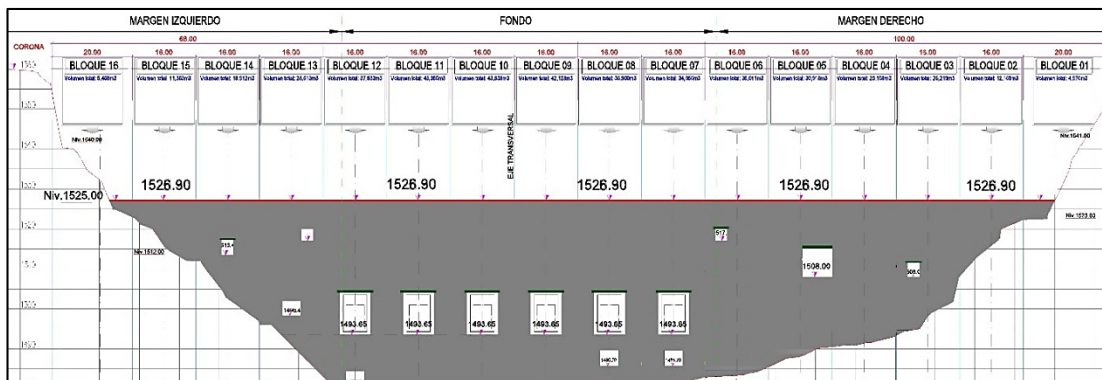
**Fig 5.05.** Detalle del chute N°1 (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis).

**5.2. Análisis de productividad**

**5.2.1. Cartas balance**

Las cartas balance permiten resolver la necesidad de describir formalmente la realización de ciertas actividades y con esto medir los rendimientos de los recursos empleados en dicha actividad.

El análisis comprende la actividad de vaciado de concreto en el nivel 1526.9 m.s.n.m. de la Presa. A continuación se detalla un corte transversal de la presa, además se indica el nivel a analizar.

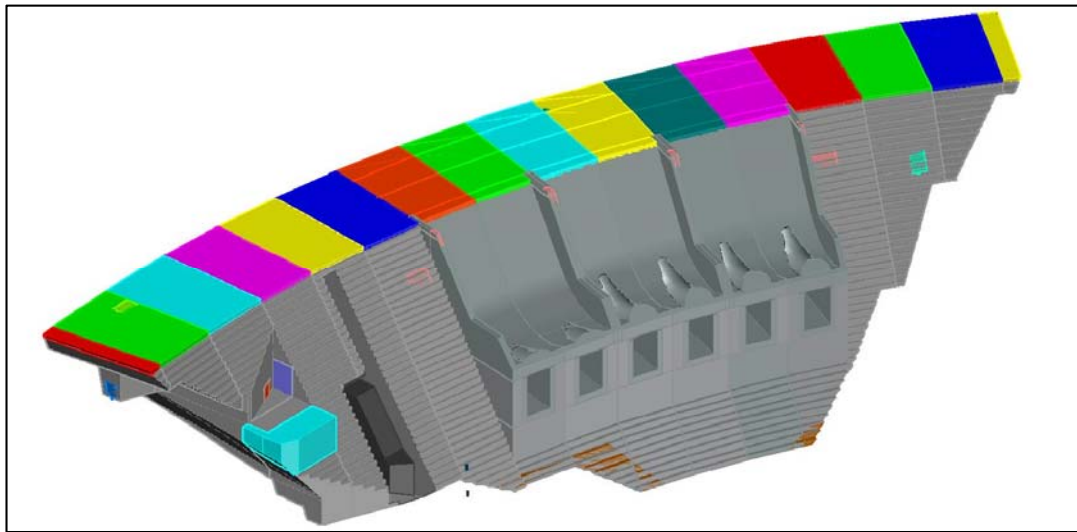


**Fig 5.06.** Corte transversal de la presa (Fuente propia)

Para la realización de las cartas balance, las actividades a analizar son las siguientes:

- Vaciado de CCR con blondin.
- Vaciado de CCV con blondin.
- Vaciado de CCR con Camión volquete.
- Vaciado de CCV con Camión “mixer”.

Además se toma en cuenta la distribución de bloques de la presa, la cual se presenta a continuación:



**Fig 5.07.** Distribución de bloques para el análisis (Fuente propia)

A continuación se presentan los detalles de las cartas balance para los sistemas:

- **Vaciado de CCR-sistema blondin:**

**Componentes de la cuadrilla: (número y categoría):**

- 1 Operario Rigger
- 1 Capataz
- 4 Peones Lampean

**Herramientas y equipos:**

- 1 Silo bus
- Blondin
- 1 Tractor
- 1 Rodillo
- 4 Palas

**Insumos:**

Concreto compactado por rodillo (CCR).

**Mediciones:**

La medición se realizó durante una semana en ambos turnos de trabajo. En total se realizó 72 cartas balance.

**Descripción detallada del método:**

1. El silo bus transporta el concreto compactado con rodillo (CCR) elaborado en la planta Betonmac recibida en la tolva de la bahía de carga hacia la cubeta del blondin.
2. El blondin transporta el concreto desde el punto de recepción en la bahía de carga hacia el lugar requerido. El operario rigger se encarga de dirigir al blondin en la bahía de carga y el capataz se encarga de dirigir al blondin al bloque de la presa a vaciar.
3. El concreto vaciado en la presa es tendido por el tractor y los 6 peones.
4. El concreto tendido es compactado por el rodillo.

**Rendimientos obtenidos:**

A continuación se presenta los rendimientos de vaciados obtenidos.

	Tiempo (hr)	Recurso (HH)	Avance (m3)	Rendimiento (m3/hr)
Rend. de blondin	1	6	180	180

**Tabla 5.01.** Rendimientos para vaciado de CCR – sistema blondin. (Fuente propia)

**Observaciones y conclusiones:**

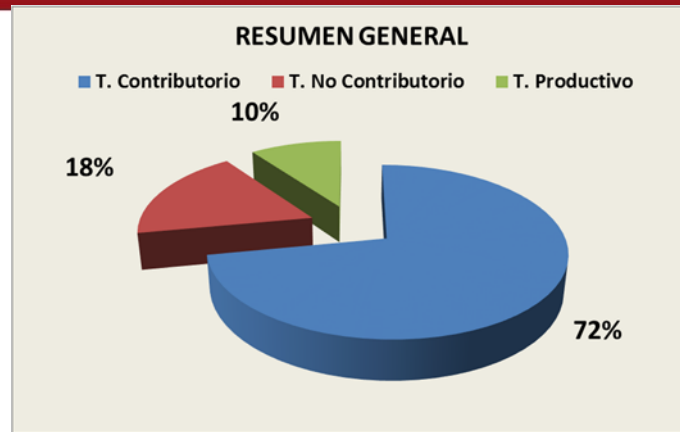
Se considera:

**Trabajo productivo (TP):** vaciado, vibrado y compactado de concreto.

**Trabajo contributorio (TC):** limpieza, traslado, tendido y lampeado de concreto. Además, el cargado de concreto tanto al silo bus y al blondin. Finalmente incluye la dirección al blondin y al personal.

**Trabajo no contributorio (TNC):** tiempos de espera de material y tiempo ocioso.

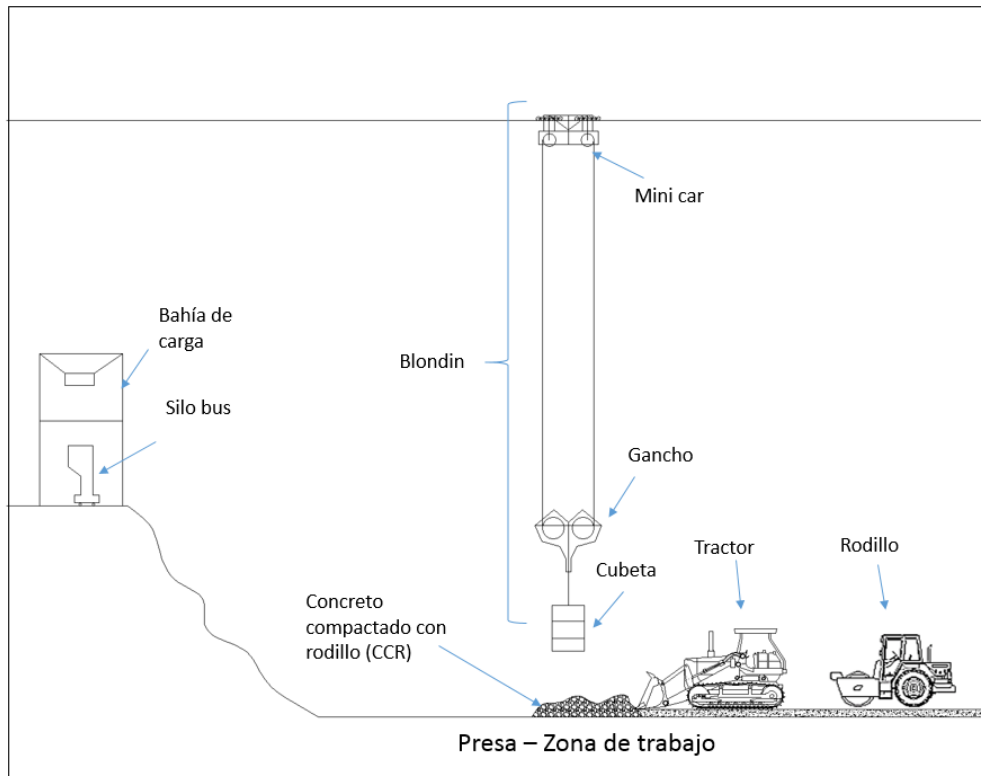
A continuación se presenta la distribución gráfica de los trabajos.



**Fig 5.08.** Distribución de trabajo para vaciado de CCR-sistema blondin. (Fuente propia)

El trabajo contributorio es elevado debido al transporte continuo de concreto realizado por el blondin, por este motivo el trabajo no contributorio es bajo.

A continuación se presenta una figura detallando la actividad.



**Fig 5.09.** Detalle de trabajo para vaciado de CCR-sistema blondin. (Fuente propia)

- **Vaciado de CCV-sistema blondin:**

**Componentes de la cuadrilla: (número y categoría):**

- 1 Operario Rigger
- 1 Capataz
- 2 Operarios vibradores
- 2 Peones Limpian/ lampean

**Herramientas y equipos:**

- Blondin
- 1 Silo bus
- 2 Vibradoras eléctricas
- 2 Palas

**Insumos:**

Concreto convencional vibrado (CCV)

**Mediciones:**

La medición se realizó durante una semana en ambos turnos de trabajo. En total se realizó 72 cartas balance.

**Descripción detallada del método:**

1. El silo bus transporta el concreto convencional vibrado (CCV) elaborado en la planta Betonmac recibida en la tolva de la bahía de carga hacia la cubeta del blondin.
2. El blondin transporta el concreto desde el punto de recepción en la bahía de carga hacia el lugar requerido. El operario rigger se encarga de dirigir al blondin en la bahía de carga y el capataz se encarga de dirigir al blondin al bloque de la presa a vaciar.
3. El concreto vaciado en la presa es tendido por los peones y vibrado por los operarios vibradores.

**Rendimientos obtenidos:**

A continuación se presenta los rendimientos de vaciados obtenidos.

	Tiempo (hr)	Recurso (HH)	Avance (m3)	Rendimiento (m3/hr)
<b>Rend. de blondin</b>	1	6	162	162

**Tabla 5.02.** Rendimientos para vaciado de CCV – sistema blondin. (Fuente propia)



**Observaciones y conclusiones:**

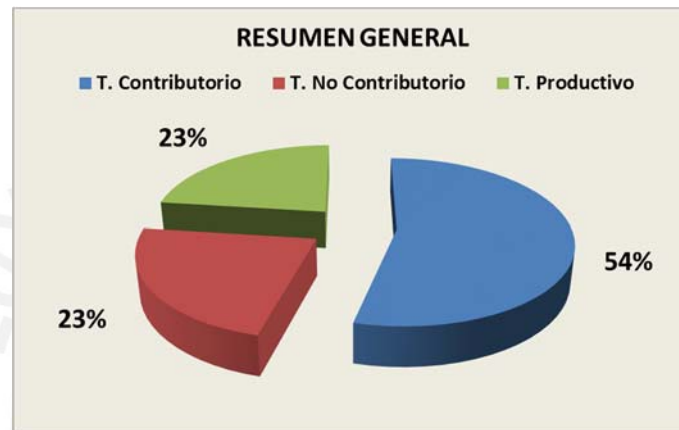
Se considera:

**Trabajo productivo (TP):** vaciado y vibrado de concreto.

**Trabajo contributorio (TC):** limpieza, traslado y lampeado de concreto. Además, el cargado de concreto tanto al silo bus y al blondin. Finalmente incluye la dirección al blondin y al personal.

**Trabajo no contributorio (TNC):** tiempos de espera de material y tiempo ocioso.

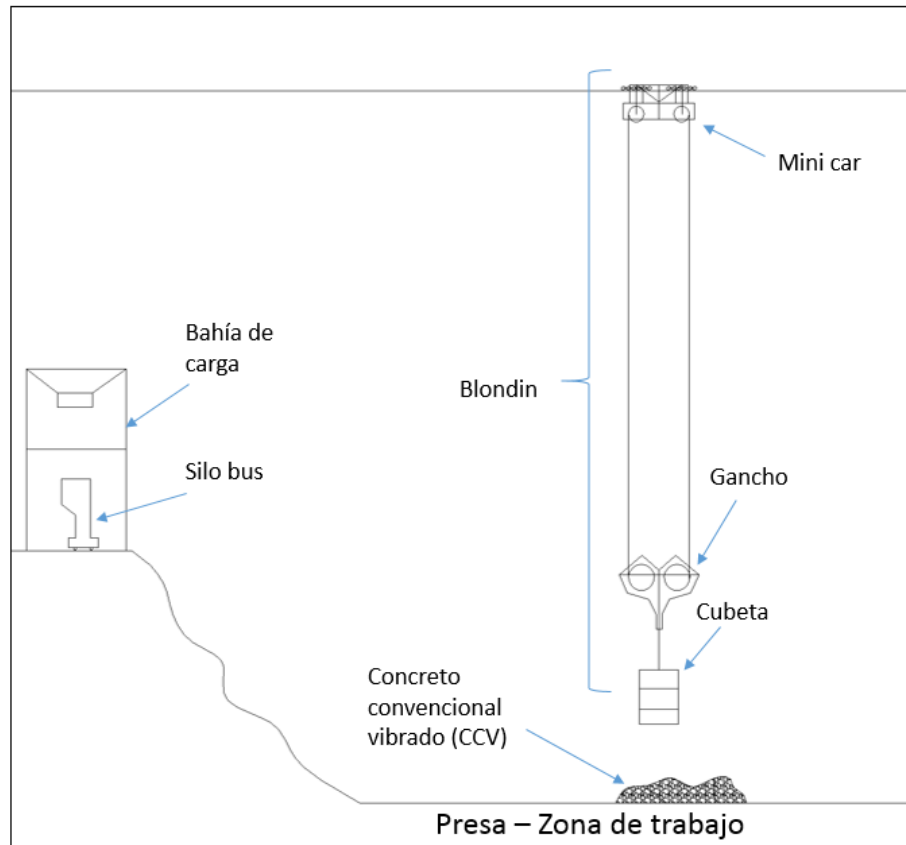
A continuación se presenta la distribución gráfica de los trabajos.



**Fig 5.10.** Distribución de trabajo para vaciado de CCV-sistema blondin. (Fuente propia)

El trabajo contributorio es elevado debido al transporte continuo de concreto realizado por el blondin, por este motivo el trabajo no contributorio es bajo.

A continuación se presenta una figura detallando la actividad.



**Fig 5.11.** Detalle de trabajo para vaciado de CCV-sistema blondin. (Fuente propia)

- **Vaciado de CCR-camión volquete:**

**Componentes de la cuadrilla: (número y categoría):**

- 1 Capataz
- 4 Peones Lampean

**Herramientas y equipos:**

- 1 Chute
- 2 Camiones volquetes
- 1 Tractor
- 1 Rodillo
- 4 Palas

**Insumos:**

Concreto compactado por rodillo (CCR).

**Mediciones:**

La medición se realizó durante una semana en ambos turnos de trabajo. En total se realizó 72 cartas balance.

**Descripción detallada del método:**

1. La bahía de carga envía el concreto compactado con rodillo (CCR) por medio del chute al camión volquete situado en la presa.
2. El camión volquete transporta el concreto al bloque señalado por el capataz, luego procede a vaciarlo.
3. El concreto vaciado en la presa es tendido por el tractor y los 6 peones.
4. El concreto tendido es compactado por el rodillo.

**Rendimientos obtenidos:**

A continuación se presenta los rendimientos de vaciados obtenidos.

	Tiempo (hr)	Recurso (HH)	Avance (m3)	Rendimiento (m3/hr)
<b>Rend. de 2 volquetes</b>	1	5	112	112

**Tabla 5.03.** Rendimientos para vaciado de CCR – camión volquete. (Fuente propia)

**Observaciones y conclusiones:**

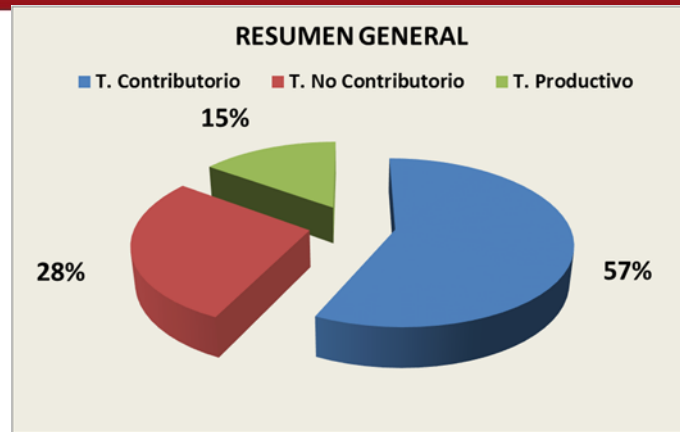
Se considera:

**Trabajo productivo (TP):** vaciado, vibrado y compactado de concreto.

**Trabajo contributorio (TC):** limpieza, traslado, tendido y lampeado de concreto. Además, el cargado de concreto al volquete por medio de chute. Finalmente incluye la dirección al personal.

**Trabajo no contributorio (TNC):** tiempos de espera de material y tiempo ocioso.

A continuación se presenta la distribución gráfica de los trabajos.

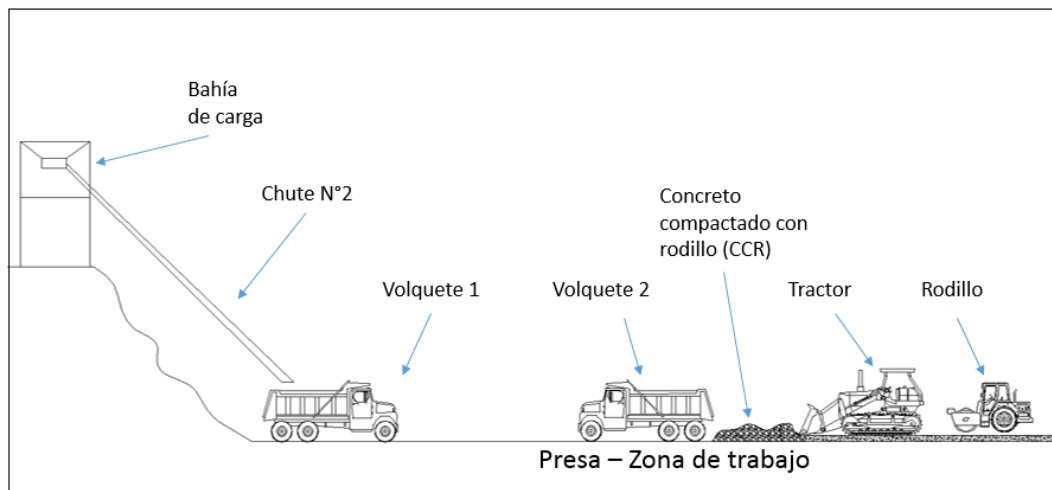


**Fig 5.12.** Distribución de trabajo para vaciado de CCR-camión volquete. (Fuente propia)

El trabajo no contributivo es elevado, debido a los tiempos de espera, ocio que se generan por el traslado lento del concreto al bloque a vaciar. Este último es consecuencia del poco espacio que existe en el área de trabajo para el transporte de materiales.

El rendimiento de vaciado de concreto es menor al rendimiento del blondin, debido al poco espacio para transportar el concreto.

A continuación se presenta una figura detallando la actividad.



**Fig 5.13.** Detalle de trabajo para vaciado de CCR-camión volquete. (Fuente propia)

- **Vaciado de CCV-camión “mixer”:**

**Componentes de la cuadrilla: (número y categoría):**

- 1 Capataz
- 1 Peón dirige “mixer” en bahía de carga
- 2 Operarios vibradores
- 2 Peones Limpian/ lampean

**Herramientas y equipos:**

- 1 Chute
- 2 Camiones “mixer”
- 2 Vibradoras eléctricas
- 2 Palas

**Insumos:**

Concreto compactado por rodillo (CCR).

**Mediciones:**

La medición se realizó durante una semana en ambos turnos de trabajo. En total se realizó 72 cartas balance.

**Descripción detallada del método:**

1. El “mixer” transporta el concreto convencional vibrado (CCV) a la bahía de carga para enviarlo por medio del chute N°1 al “mixer” 1 ubicado en presa.
2. El “mixer” 1 situado en presa, transporta el concreto al bloque señalado por el capataz.
3. El concreto vaciado en la presa es tendido por los peones y vibrado por los operarios vibradores.

**Rendimientos obtenidos:**

A continuación se presenta los rendimientos de vaciados obtenidos.

	Tiempo (hr)	Recurso (HH)	Avance (m3)	Rendimiento (m3/hr)
<b>Rend. de 2 "mixer"</b>	1	7	56	56

**Tabla 5.04.** Rendimientos para vaciado de CCV – camión “mixer”. (Fuente propia)

### Observaciones y conclusiones:

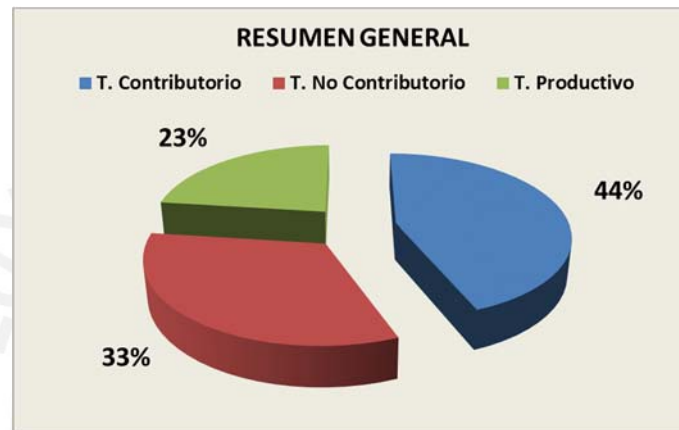
Se considera:

**Trabajo productivo (TP):** vaciado y vibrado de concreto.

**Trabajo contributorio (TC):** limpieza, traslado y lampeado de concreto. Además, el cargado de concreto al “mixer” y su respectiva limpieza. Finalmente incluye la verificación de concreto y dirección al personal.

**Trabajo no contributorio (TNC):** tiempos de espera de material y tiempo ocioso.

A continuación se presenta la distribución gráfica de los trabajos.

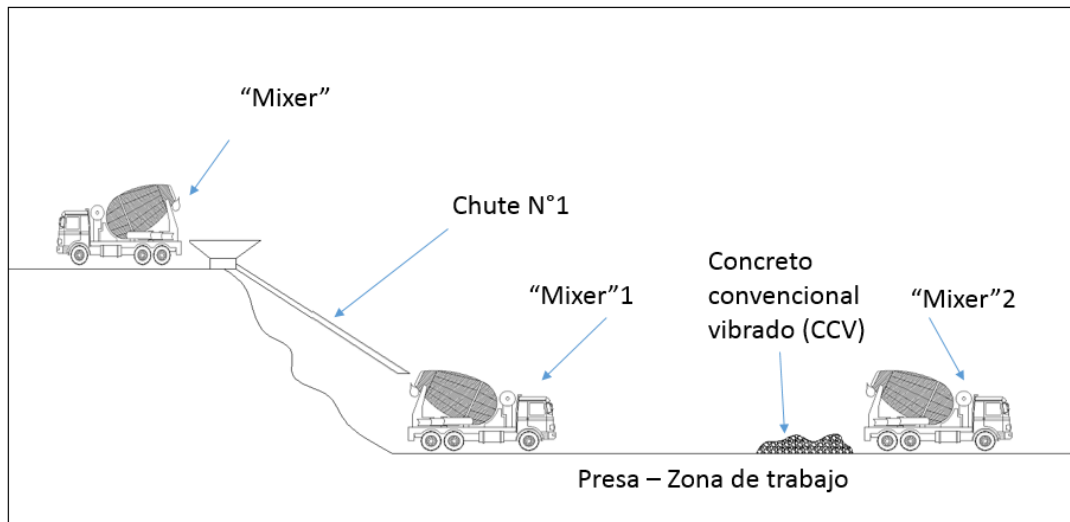


**Fig 5.14.** Distribución de trabajo para vaciado de CCV-camión “mixer”. (Fuente propia)

El trabajo no contributorio es elevado, debido a los tiempos de espera, ocio que se generan por el traslado lento del concreto al bloque a vaciar. Este último es consecuencia del poco espacio que existe en el área de trabajo para el transporte de materiales.

El rendimiento de vaciado de concreto es menor al rendimiento del blondin, debido al poco espacio para transportar el concreto.

A continuación se presenta una figura detallando la actividad.



**Fig 5.15.** Detalle de trabajo para vaciado de CCV-camión "mixer". (Fuente propia)

Se presenta un consolidado para poder comparar los resultados:

Blondin-CCR		Volquete-CCR	
Tiempo Productivo	10%	Tiempo Productivo	15%
Tiempo Contributorio	72%	Tiempo Contributorio	57%
Tiempo No Contributorio	18%	Tiempo No Contributorio	28%

Blondin-CCV		Mixer-CCV	
Tiempo Productivo	23%	Tiempo Productivo	23%
Tiempo Contributorio	54%	Tiempo Contributorio	44%
Tiempo No Contributorio	23%	Tiempo No Contributorio	33%

**Tabla 5.05.** Resultados de cartas balance (Fuente propia)

	Tiempo (hr)	Avance (m3)	Rendimiento (m3/hr)
Rend. de 2 "mixer"	1	56	56
Rend. de 2 volquetes	1	112	112
Rend. de blondin-CCR	1	180	180
Rend. de blondin-CCV	1	162	162

**Tabla 5.06.** Resultados de cartas balance (Fuente propia)

De lo anterior, podemos concluir lo siguiente:

- Para el vaciado de CCR y CCV, el sistema blondin tiene menor tiempo no contributorio (TNC) respecto al tradicional, debido a que el área de trabajo es

reducido y trae como consecuencias que el traslado de concreto se realiza de forma lenta y esta a su vez genera demoras, tiempo de espera y ocio. Se recomendaría ampliar el lugar o construir accesos, pero al ser una presa el área es limitada. Es por ello que el sistema blondin tiene ventaja sobre el sistema tradicional, ya que impacta directamente con la producción de las cuadrillas.

- Según los rendimientos obtenidos, podemos estimar que el blondin tiene mayor rendimiento que el sistema tradicional por los factores antes mencionados. Se presenta las cartas balance en el Anexo 4.1.

### 5.2.2. Flujo de actividades de equipos

Se implementa esta herramienta para determinar el porcentaje de actividades productivas, contributorias y no contributorias de equipos en un lapso de tiempo determinado. En nuestro caso, se emplea para determinar la cantidad de horas expresadas en porcentaje que los equipos emplean para la actividad de vaciado de concreto, lo cual será útil para el planeamiento de vaciados. En el presente proyecto, el turno de trabajo es de 11 horas con un total de 22 horas diarias, excepto los domingos, el cual se trabaja 1 turno de 11 horas.

Los factores a tomar en cuenta para la realización de los mismos son los siguientes:

- Distribución de bloques para el análisis.

Se realizó el análisis durante una semana para ambos sistemas. Las actividades fueron clasificadas de la siguiente manera:

	Cod	Actividad
Act Productivas	1	Vaciado CCR
	2	Vaciado CCV
Act. Contributorias	3	Check list
	4	Transporte de encofrado
	5	Transporte de acero habilitado
	6	Transporte de Losas Pretensadas
	7	Transporte de equipos
	8	Mantenimiento
Act. No Contributorias	9	Paro por lluvias
	10	Espera de llegada de material
	11	Paro

**Tabla 5.07.** Distribución de actividades para el blondin. (Fuente propia)



	Cod	Actividad
<b>Act Productivas</b>	<b>1</b>	<b>Vaciado CCR</b>
<b>Act. Contributorias</b>	<b>2</b>	<b>Check list</b>
	<b>3</b>	<b>Mantenimiento</b>
<b>Act. No Contributorias</b>	<b>4</b>	<b>Paro por lluvias</b>
	<b>5</b>	<b>Espera de llegada de material</b>
	<b>6</b>	<b>Paro</b>

**Tabla 5.08.** Distribución de actividades para el camión volquete. (Fuente propia)

	Cod	Actividad
<b>Act Productivas</b>	<b>1</b>	<b>Vaciado CCV</b>
<b>Act. Contributorias</b>	<b>2</b>	<b>Check list</b>
	<b>3</b>	<b>Mantenimiento</b>
<b>Act. No Contributorias</b>	<b>4</b>	<b>Paro por lluvias</b>
	<b>5</b>	<b>Espera de llegada de material</b>
	<b>6</b>	<b>Paro</b>

**Tabla 5.09.** Distribución de actividades para el camión "mixer". (Fuente propia)

A continuación se presenta como modelo el flujo de actividades del blondin durante un día.

Tipo de Actividad	Act.	07:00:00	06:20:00 08:00:00	08:00:00 09:00:00	09:00:00 10:00:00	10:00:00 11:00:00	11:00:00 12:00:00	12:00:00 13:00:00	13:00:00 14:00:00	14:00:00 15:00:00	15:00:00 16:00:00	16:00:00 17:00:00	17:00:00 18:00:00	Suma de tiempos	%	% por tipo de actividad
Act Productivas	1													361	54.7	<b>62.0</b>
	2													45	6.8	
	3													21	3.2	
Act. Contributorias	4													101	15.3	<b>23.0</b>
	5													0	0.0	
	6													0	0.0	
	7													33	5.0	
	8													0	0.0	
Act. No Contributorias	9													0	0.0	<b>15.0</b>
	10													0	0.0	
	11													104	15.8	

**Tabla 5.10.** Flujo de actividades del blondin (Fuente propia)

De lo anterior se observa que el 62.0% del día de trabajo, el blondin lo usa para los vaciados, el 23.0% para las actividades contributorias y el 15.0% para las actividades no contributorias.

A continuación se presenta un consolidado por día durante una semana de trabajo para todos los sistemas:

		L	M	M	J	V	S	D
Blondin	Act. Prod.	61	63	54	66	62	63	0
	Act. Contr.	24	22	24	13	25	20	78
	Act. No Cont.	15	15	22	21	13	17	22
Volquete	Act. Prod.	46	46	49	46	45	47	0
	Act. Contr.	5	5	5	5	5	5	41
	Act. No Cont.	49	49	46	49	50	48	59
Mixer	Act. Prod.	54	57	48	53	54	46	0
	Act. Contr.	5	5	5	5	5	5	50
	Act. No Cont.	41	38	47	42	41	49	50

**Tabla 5.11.** Flujo de actividades semanales consolidadas (Fuente propia)

De lo anterior concluimos que: en primer lugar, el blondin realiza actividad productiva en promedio el 61.5% del día, esto equivale a 13.53 horas. En segundo lugar, el volquete realiza actividad productiva en promedio el 46.5% del día, esto equivale a 10.23 horas. Finalmente, el “mixer” realiza actividad productiva en promedio el 52% del día, esto equivale a 10.6 horas.

Por otro lado, es importante señalar que los domingos no hay avance de vaciado de concreto, dato importante para que en el planeamiento se considere el día domingo como no trabajable y considerarlo como buffer.

El flujo de actividades por turno de trabajo se presenta en el Anexo 4.2.

### 5.2.3. Cálculo de rendimientos de vaciado de concreto

Este análisis permite estimar el rendimiento de vaciado para cada nivel, el cual será útil para realizar el planeamiento de vaciados.

El cálculo de rendimientos se realizó mediante el registro de ciclos de vaciados, lo cual permite determinar rendimientos en cualquier nivel a partir de datos tomados en un nivel. Para este caso, se registró los datos en dos niveles de vaciado y en ambos turnos.

En primer lugar, para el sistema blondin se realizó la medición de 5 ciclos de vaciados en cada bloque. En segundo lugar, para el sistema tradicional se realizó la medición de 2 ciclos de vaciado.

Cabe señalar que las mediciones se realizaron para 2 niveles distintos, para compararlos y determinar los valores constantes en cada nivel que permitan calcular los rendimientos en cada nivel de la Presa.

Los factores a tomar en cuenta para la realización de los mismos son los siguientes:

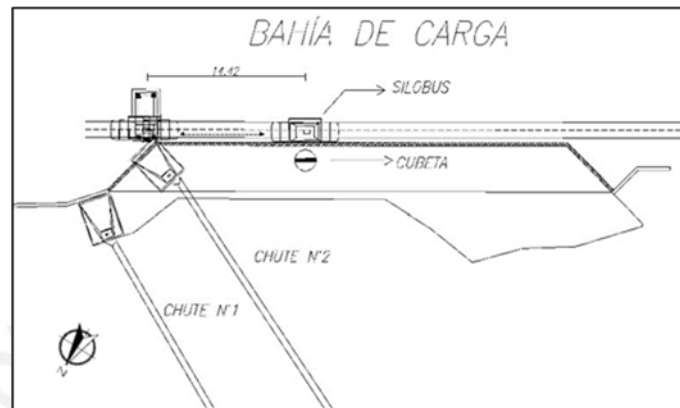
- Croquis de bahía de cargas.
- Distancias a los diferentes puntos de vaciado en la presa (bloques).

- Clasificación de tiempos

A continuación se detalla cada punto antes mencionado:

- **Croquis de bahía de cargas:**

Es importante conocer la distancia que recorrerá el silo bus para poder alimentar la cubeta del blondin. El recorrido del silo bus se presenta en la siguiente figura.

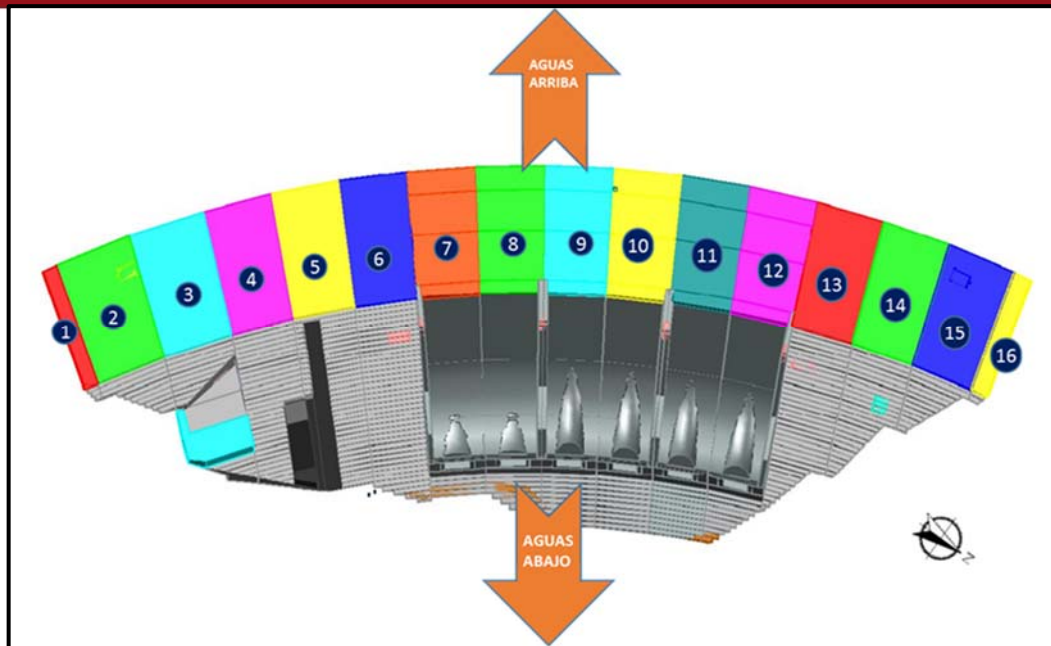


**Fig 5.16.** Recorrido del silo bus (Fuente propia)

Se puede observar que la distancia que debe recorrer el silo bus es de aproximadamente 15 metros, el tiempo que empleará el silo bus en dirigirse de la bahía de carga al punto donde alimentará a la cubeta, conociendo que su velocidad oscila de 0.5 a 1 m/s, está en el rango de 15 a 30 segundos.

- **Distancias a los diferentes puntos de vaciado en la presa**

Se ha coloreado cada bloque para tener un orden de análisis, el orden va de 1 a 16, considerando que va de forma ascendente conforme se aleja de la bahía de cargas.



**Fig 5.17.** Distribución de bloques para el análisis (Fuente propia)

El objetivo de este diagrama es determinar la distancia promedio que incurre movilizar la cubeta desde la bahía de carga al bloque de la presa o la distancia que recorren los camiones “mixer” y volquetes al bloque a vaciar.

- **Clasificación de tiempos**

Para una mejor comprensión, los tiempos han sido clasificados de la siguiente manera:

**Sistema blondin:**

- Carga concreto: es el tiempo de carga de concreto del silo bus a la cubeta del blondin.
- Ida XY: es el tiempo que se desplaza la cubeta en el plano xy desde bahía de carga al bloque a vaciar.
- Ida Z: es el tiempo que se desplaza la cubeta en el eje z para ubicarse por encima del bloque a vaciar.
- Espera ida: es el tiempo que transcurre desde la llegada al bloque hasta el momento antes de vaciar.
- Vaciado: es el tiempo de vaciado.
- Espera vuelta: es el tiempo que transcurre luego de vaciar hasta retomar el desplazamiento.
- Vuelta XY: es el tiempo que se desplaza la cubeta en el plano xy luego de vaciar hasta la llegada a bahía de carga.
- Vuelta Z: es el tiempo que se desplaza la cubeta en el eje z luego de vaciar hasta la llegada a bahía de carga.

### Sistema tradicional:

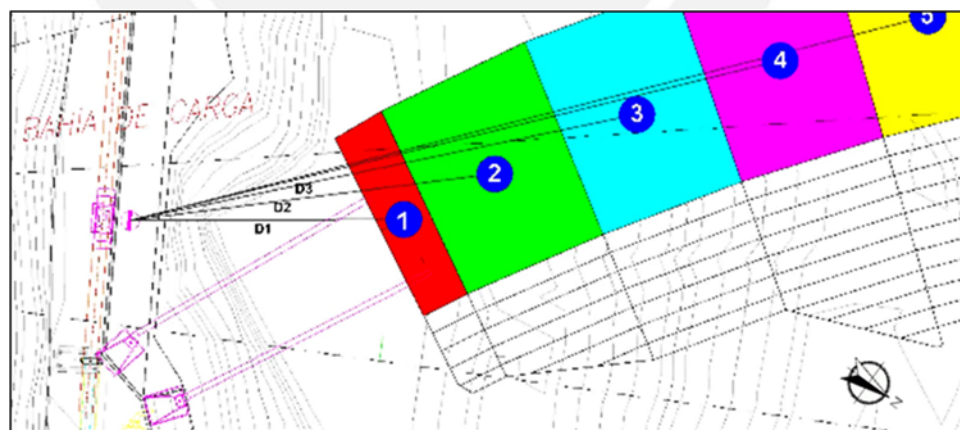
- Carga concreto: es el tiempo que transcurre hasta el llenado de concreto tanto al “mixer” o volquete.
- Ida XY: es el tiempo de desplazamiento en el plano xy desde el punto de recepción cerca al chute al bloque a vaciar.
- Espera ida: es el tiempo que transcurre desde la llegada al bloque hasta el momento antes de vaciar.
- Vaciado: es el tiempo de vaciado.
- Vuelta XY: es el tiempo de desplazamiento en el plano xy luego de vaciar hasta la llegada al punto de recepción cerca al chute.
- Espera vuelta: es el tiempo que transcurre desde la llegada al punto recepción hasta el inicio del llenado de concreto al “mixer” o volquete.

#### 5.2.3.1. Sistema blondin

Para el blondin se analizó los siguientes niveles:

- Vaciado CCR: Turno día: 1517.9 y 1526.9 m.s.n.m. Turno noche: 1518.2 y 1527.2 m.s.n.m.
- Vaciado CCV: Turno día: 1517.9 y 1526.9 m.s.n.m. Turno noche: 1518.2 y 1527.2 m.s.n.m.

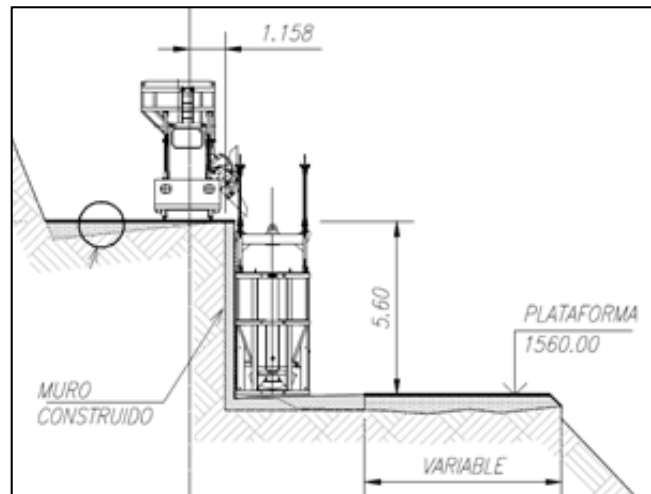
Para el análisis se mide la distancia tanto en el plano XY y en el eje Z desde la bahía de cargas hasta un determinado bloque. Según el siguiente esquema:



**Fig 5.18.** Esquema de distancias a recorrer para vaciados con el blondin (Fuente propia).

Se aclara que el blondin al ser de tipo radial, tiene la libertad de movilizarse en traslación por el plano XY y por elevación en el eje Z. Se muestra el esquema de bahía de cargas en la figura 5.15.

A continuación se desarrolla el cálculo del recorrido en el eje Z para los vaciados al nivel señalado.



**Fig. 5.19.** Esquema de bahía de cargas (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis)

La figura detalla la medida de la cubeta y el nivel de la plataforma en bahía de carga. Para el análisis de todo el recorrido por ciclo de vaciado se considera como punto de referencia a la parte inferior de la cubeta. Por tal, según la figura, la cubeta parte del nivel de la plataforma,  $Z=1560$  m.s.n.m., además necesita elevarse aproximadamente 1 a 2 m sobre la plataforma para poder movilizarse por el trayecto.

Para fines de análisis, el recorrido del trayecto se considera con  $Z$  constante, y se toma variable al momento en que la cubeta desciende para posicionarse en la superficie de la presa. Cabe señalar que la distancia a la que se posicionará será de 1.5m encima de la superficie de la presa.

Por tal para el vaciado de un bloque ubicado en el nivel 1526.90 m.s.n.m., la cubeta recorrerá en el eje Z por cada ciclo de vaciado una longitud total de  $Z=2+1560-(1526.9+1.5)=33.60$  m.

Para el análisis de diferentes niveles se representará la longitud recorrida en el eje Z como función del nivel a la cual se encuentra el bloque de la presa a vaciar.

$$Z(n) = 1560.5 - n$$

Donde

$Z(n)$ : Recorrido en el eje Z por medio ciclo de vaciado. En metros lineales  
 $n$  : Nivel del bloque a vaciar.

Se obtiene lo siguiente:

NIVEL	1526.90		
BLOQUE	DISTANCIA XY (m)	DISTANCIA Z (m)	DISTANCIA TOTAL (m)
1	27.90	33.60	89.40
2	37.50	33.60	108.60
3	52.80	33.60	139.20
4	68.20	33.60	170.00
5	83.90	33.60	201.40
6	99.40	33.60	232.40
7	115.30	33.60	264.20
8	130.80	33.60	295.20
9	146.50	33.60	326.60
10	161.90	33.60	357.40
11	177.20	33.60	388.00
12	192.50	33.60	418.60
13	207.40	33.60	448.40
14	222.30	33.60	478.20
15	236.70	33.60	507.00
16	246.00	33.60	525.60

**Tabla 5.12.** Distancias XY y Z desde la bahía de cargas al bloque a vaciar. (Fuente propia)

• **Análisis CCR:**

Se presenta como modelo el cálculo de los 5 ciclos de vaciado de CCR en el bloque 13 para nivel 1517.90 m.s.n.m. en el turno día:

Actividad	CICLOS (s)					Tprom (s)	Vprom (m/s)	Vmax (m/s)
	1er	2do	3er	4to	5to			
Carga concreto	32	31	28	31	32	<b>30.8</b>	Vxy	
ida XY	40	41	39	41	39	<b>40</b>	<b>4.97</b>	<b>6</b>
ida Z	26	24	23	27	25	<b>25</b>	Vz	
Espera	15	15	15	16	6	<b>13.4</b>	<b>1.87</b>	<b>2.5</b>
Vaciado	10	10	11	12	9	<b>10.4</b>		
Vuelta XY	40	45	47	44	42	<b>43.6</b>		
Vuelta Z	18	24	20	21	22	<b>21</b>		
Espera	15	20	22	19	17	<b>18.6</b>		
T total/ciclo	196	210	205	211	192	202.8		

**Tabla 5.13.** Ciclos de vaciados CCR – Turno día. (Fuente propia)

Del cuadro anterior se calcula los tiempos promedios para cada actividad del blondin, los cuales serán usados en un consolidado por nivel de vaciado. Así mismo, a partir de los tiempos promedios de desplazamiento se calcula la velocidad promedio del desplazamiento tanto en ejes XY y Z. Teniendo como input las distancias XY y Z desde la bahía de carga al bloque de vaciado para cada nivel, podremos calcular el tiempo.

A continuación se presenta como modelo el cálculo del consolidado de los 5 ciclos de vaciado de CCR en cada bloque para nivel 1517.90 m.s.n.m. en el turno día:

Bloque	Dxy (m)	Dz (m)	T Carga (s)	T espera (s)	T vaciado (s)	Vxy (m/s)	Vz (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/hr)
16	246	42.6	29.6	28.2	9.6	5.11	1.87	141.80	209.20	154.88
15	236.7	42.6	29.8	28.4	11.0	5.09	1.88	138.36	207.56	156.10
14	222.3	42.6	30.8	28.8	10.6	5.04	1.87	133.70	203.90	158.90
13	207.4	42.6	30.8	32	10.4	4.97	1.87	129.10	202.30	160.16
12	192.5	42.6	30.8	33.8	10.4	4.94	1.90	122.61	197.61	163.96
11	177.2	42.6	30	36.8	10.0	4.89	1.90	117.33	194.13	166.90
10	161.9	42.6	30.6	38.4	10.4	4.82	1.89	112.21	191.61	169.09
9	146.5	42.6	30.2	42.2	10.0	4.78	1.89	106.49	188.89	171.53
8	130.8	42.6	30.2	45.6	10.2	4.76	1.89	100.09	186.09	174.11
7	115.3	42.6	30.8	49.4	10.0	4.69	1.88	94.45	184.65	175.47
6	99.4	42.6	30	54.2	10.2	4.65	1.89	87.82	182.22	177.80
5	83.9	42.6	30	58.2	9.2	4.54	1.88	82.25	179.65	180.35
4	68.2	42.6	29.8	61.2	10.4	4.55	1.89	75.02	176.42	183.65
3	52.8	42.6	30	65.6	10.2	4.44	1.88	69.14	174.94	185.21
2	37.5	42.6	29.6	69.4	10.0	4.41	1.88	62.31	171.31	189.13
1	27.9	42.6	29.4	71.8	10.4	4.29	1.89	58.09	169.69	190.93

**Tabla 5.14.** Ciclos de vaciados CCR nivel 1517.90 m.s.n.m. Turno día. (Fuente propia)

Además se presenta como modelo el cálculo del consolidado de los 5 ciclos de vaciado de CCR de cada bloque para nivel 1526.90 m.s.n.m. en el turno día:

Bloque	Dxy (m)	Dz (m)	T Carga (s)	T espera (s)	T vaciado (s)	Vxy (m/s)	Vz (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/hr)
16	246	33.6	29.7	27.6	9.8	5.11	1.87	132.12	199.22	162.63
15	236.7	33.6	29.4	27.8	10.4	5.09	1.88	128.74	196.34	165.02
14	222.3	33.6	29.8	28.2	10	5.04	1.87	124.11	192.11	168.66
13	207.4	33.6	29.6	30.6	9.8	4.97	1.87	119.37	189.37	171.09
12	192.5	33.6	29.6	33	9.8	4.94	1.90	113.21	185.61	174.56
11	177.2	33.6	29.8	36	9.6	4.89	1.90	107.88	183.28	176.78
10	161.9	33.6	29.6	37.8	10	4.82	1.89	102.67	180.07	179.93
9	146.5	33.6	29.6	41.6	9.6	4.78	1.89	96.88	177.68	182.36
8	130.8	33.6	29.9	44.8	9.8	4.76	1.89	90.52	175.02	185.12
7	115.3	33.6	29.8	48.8	10	4.69	1.88	84.94	173.54	186.70
6	99.4	33.6	29.2	53	9.6	4.65	1.89	78.38	170.18	190.39
5	83.9	33.6	29.3	57.2	9.2	4.54	1.88	72.77	168.47	192.32
4	68.2	33.6	29.6	60.6	9.8	4.55	1.89	65.58	165.58	195.68
3	52.8	33.6	29.2	64.8	10	4.44	1.89	59.35	163.35	198.34
2	37.5	33.6	29.6	69.4	9.6	4.41	1.88	52.77	161.37	200.78
1	27.9	33.6	29.4	71.8	9.6	4.29	1.89	48.58	159.38	203.29

**Tabla 5.15.** Ciclos de vaciados CCR en nivel 1526.9 m.s.n.m. Turno día. (Fuente propia)

Se puede observar que los tiempos de carga, espera, vaciado y las velocidades en XY-Z permanecen invariables. Esto se debe a que las condiciones de vaciado son las mismas y que la única diferencia es la altura de vaciado. Por tanto el input que se tendrá para el cálculo de rendimientos es la altura y la distancia al bloque a vaciar.



Por otra parte, los cálculos tanto en el turno día y noche, permiten comparar e identificar cómo influye el entorno en la actividad del vaciado. Podemos enumerarlas a continuación:

TURNO DÍA	TURNO NOCHE
Visibilidad normal.	Poca visibilidad en algunos puntos de vaciado.
Velocidad normal.	Reducción de velocidad de traslado por seguridad.

**Tabla 5.16.** Influencia del entorno en los vaciados. (Fuente propia)

Finalmente, se presenta como modelo el consolidado de promediar los tiempos de vaciado del turno día y noche en el nivel 1517.90 y 1518.20 m.s.n.m., respectivamente.

Bloque	Dxy (m)	Dz (m)	T Carga (s)	T espera (s)	T vaciado (s)	Vxy (m/s)	Vz (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/h)
16	246.00	42.45	29.60	31.20	10.70	4.98	1.79	146.34	217.84	148.97
15	236.70	42.45	29.60	32.00	11.30	4.95	1.79	143.17	216.07	150.18
14	222.30	42.45	30.10	32.70	11.20	4.91	1.78	138.42	212.42	152.77
13	207.40	42.45	30.20	35.70	10.90	4.81	1.79	133.81	210.61	154.08
12	192.50	42.45	30.00	38.20	10.60	4.77	1.80	128.15	206.95	156.88
11	177.20	42.45	29.80	40.10	10.60	4.73	1.80	122.41	202.91	159.98
10	161.90	42.45	29.90	42.90	10.80	4.64	1.80	117.37	200.97	161.57
9	146.50	42.45	30.00	46.60	10.70	4.58	1.81	111.16	198.46	163.64
8	130.80	42.45	30.00	50.10	10.90	4.56	1.80	104.63	195.63	166.01
7	115.30	42.45	30.20	53.90	10.80	4.49	1.80	98.71	193.61	167.70
6	99.40	42.45	29.60	58.30	11.00	4.43	1.80	92.08	190.98	170.01
5	83.90	42.45	29.70	62.10	10.30	4.33	1.80	86.05	188.15	172.55
4	68.20	42.45	29.60	65.50	11.10	4.30	1.82	78.68	184.88	175.62
3	52.80	42.45	29.90	69.50	11.10	4.21	1.80	72.41	182.91	177.47
2	37.50	42.45	29.40	74.50	10.80	4.13	1.80	65.54	180.24	180.20
1	27.90	42.45	29.40	76.50	10.80	3.96	1.80	61.47	178.17	182.26
Promedio:	<b>137.89</b>		<b>29.81</b>	<b>50.61</b>	<b>10.85</b>	<b>4.55</b>	<b>1.80</b>			<b>164.99</b>

**Tabla 5.17.** Consolidado de ciclos de vaciados CCR. (Fuente propia)

Como ya se explicó, se resalta las celdas de Dxy, Tcarga, Tespera, Tvaciado, Vxy y Vz, las cuales son constantes en cada nivel y se usaran para el cálculo de rendimientos. Se empleará el promedio para el cálculo de rendimientos en cada nivel de vaciado.

El registro de las mediciones de los ciclos de vaciado se presenta en el Anexo 4.3.

• **Análisis CCV:**

Se presenta como modelo el cálculo de los 5 ciclos de vaciados de CCV en el bloque 5 para nivel 1519.4 m.s.n.m. en el turno día:

Actividad	CICLOS (s)					Tprom (s)	Vprom(m/s)	Vmax(m/s)
	1er	2do	3er	4to	5to			
Carga concre	35	31	28	32	39	<b>33</b>	Vxy	
Ida XY	21	22	22	19	23	<b>21.4</b>	<b>4.15</b>	<b>6</b>
Ida Z	29	27	25	29	30	<b>28</b>	Vz	
Espera	39	40	41	44	2	<b>33.2</b>	<b>1.66</b>	<b>2.5</b>
Vaciado	48	52	44	47	52	<b>48.6</b>		
Vuelta XY	16	21	19	20	20	<b>19.2</b>		
Vuelta Z	27	22	23	20	19	<b>22.2</b>		
Espera	15	11	14	21	19	<b>16</b>		
T total/ciclo	230	226	216	232	204	221.6		

**Tabla 5.18.** Ciclos de vaciados CCV – Turno día. (Fuente propia)

A continuación se presenta como modelo el cálculo del consolidado de los 5 ciclos de vaciados de CCV en cada bloque para nivel 1519.40 m.s.n.m. en el turno día:

Bloque	Dxy (m)	Dz (m)	T Carga (s)	T espera (s)	T vaciado (s)	Vxy (m/s)	Vz (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/hr)
16	246	41.1	30.4	40.6	46	5.31	1.66	142.33	259.33	124.94
15	236.7	41.1	31.6	40.2	45.6	5.18	1.64	141.44	258.84	125.17
14	222.3	41.1	32.6	41	45.2	5.09	1.64	137.29	256.09	126.52
13	207.4	41.1	31.4	42.6	45.8	5.02	1.65	132.39	252.19	128.47
12	192.5	41.1	31.4	45.6	46	4.93	1.67	127.19	250.19	129.50
11	177.2	41.1	31.4	44.8	47	4.85	1.65	122.89	246.09	131.66
10	161.9	41.1	32	46.6	46.6	4.75	1.66	117.68	242.88	133.40
9	146.5	41.1	31.8	48.6	47.6	4.68	1.65	112.46	240.46	134.74
8	130.8	41.1	31.8	51.2	45.8	4.55	1.65	107.38	236.18	137.18
7	115.3	41.1	31.8	55.6	45.8	4.44	1.64	102.11	235.31	137.69
6	99.4	41.1	32.4	55.6	47.8	4.32	1.65	95.75	231.55	139.93
5	83.9	41.1	33	49.2	48.6	4.15	1.66	90.01	220.81	146.73
4	68.2	41.1	32.2	58.4	47.2	3.86	1.64	85.58	223.38	145.04
3	52.8	41.1	31.4	62	48.4	3.69	1.67	77.72	219.52	147.59
2	37.5	41.1	33	65.6	49.2	3.19	1.66	73.15	220.95	146.64
1	27.9	41.1	33	64.4	49.6	2.81	1.65	69.74	216.74	149.49

**Tabla 5.19.** Ciclos de vaciados CCV en nivel 1519.40 m.s.n.m. Turno día. (Fuente propia)

Además se presenta como modelo el cálculo del consolidado de los 5 ciclos de vaciados de CCV de cada bloque para nivel 1528.40 m.s.n.m. en el turno día:

Bloque	Dxy (m)	Dz (m)	T Carga (s)	T espera (s)	T vaciado (s)	Vxy (m/s)	Vz (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/hr)
16	246	32.1	29.8	39.4	45.8	5.31	1.66	131.41	246.41	131.49
15	236.7	32.1	30.2	39.2	45.6	5.19	1.64	130.22	245.22	132.13
14	222.3	32.1	30.2	41	45.2	5.11	1.64	125.99	242.39	133.67
13	207.4	32.1	30.4	42.2	45.2	5.02	1.66	121.35	239.15	135.48
12	192.5	32.1	30.2	44.2	45.4	4.93	1.67	116.57	236.37	137.07
11	177.2	32.1	30.2	44.4	46	4.85	1.65	111.99	232.59	139.30
10	161.9	32.1	30.6	46	46	4.77	1.66	106.53	229.13	141.40
9	146.5	32.1	30.6	47.6	46	4.68	1.65	101.54	225.74	143.53
8	130.8	32.1	30.4	49.6	45.8	4.55	1.65	96.37	222.17	145.83
7	115.3	32.1	31.4	52	45.8	4.44	1.64	91.02	220.22	147.12
6	99.4	32.1	31.4	54.6	46.2	4.32	1.65	84.88	217.08	149.25
5	83.9	32.1	31.6	55.8	47.2	4.15	1.66	79.25	213.85	151.51
4	68.2	32.1	31.4	57.8	47.2	3.95	1.64	73.68	210.08	154.23
3	52.8	32.1	31.2	61	48	3.69	1.67	67.02	207.22	156.35
2	37.5	32.1	31.6	63.2	48	3.19	1.66	62.19	204.99	158.06
1	27.9	32.1	32.2	63.4	48	2.81	1.65	58.70	202.30	160.16

**Tabla 5.20.** Ciclos de vaciados CCV en nivel 1528.40 m.s.n.m. Turno día. (Fuente propia)

Se puede observar que los tiempos de carga, espera, vaciado y las velocidades en XY-Z permanecen invariables. Esto se debe a que las condiciones de vaciado son las mismas y que la única diferencia es la altura de vaciado. Por tanto el input que se tendrá para el cálculo de rendimientos es la altura y la distancia al bloque a vaciar.

Finalmente, se presenta como modelo el consolidado de promediar los tiempos de vaciado del turno día y noche en el nivel 1519.40 y 1519.70 m.s.n.m., respectivamente.

Bloque	Dxy (m)	Dz (m)	T Carga (s)	T espera (s)	T vaciado (s)	Vxy (m/s)	Vz (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/h)
16	246.00	40.95	31.40	42.40	47.30	5.19	1.59	146.28	267.38	121.29
15	236.70	40.95	31.70	42.50	47.10	5.10	1.60	144.22	265.52	122.10
14	222.30	40.95	31.80	43.70	46.70	5.02	1.59	140.26	262.46	123.52
13	207.40	40.95	31.40	45.10	47.00	4.91	1.60	135.70	259.20	125.09
12	192.50	40.95	31.50	47.30	47.00	4.83	1.61	130.84	256.64	126.33
11	177.20	40.95	31.40	47.80	47.50	4.74	1.60	126.10	252.80	128.25
10	161.90	40.95	31.90	49.60	46.30	4.60	1.61	121.46	249.26	130.07
9	146.50	40.95	31.30	51.50	47.30	4.46	1.61	116.72	246.82	131.36
8	130.80	40.95	31.00	53.30	46.40	4.28	1.59	112.71	243.41	133.23
7	115.30	40.95	31.00	56.60	46.10	4.18	1.59	107.10	240.80	134.62
6	99.40	40.95	31.30	56.90	47.20	3.98	1.60	101.78	237.18	136.68
5	83.90	40.95	31.80	53.80	48.10	3.81	1.60	95.59	229.29	141.50
4	68.20	40.95	31.00	59.60	47.60	3.58	1.58	90.21	228.41	141.92
3	52.80	40.95	31.60	62.40	48.50	3.36	1.62	82.35	224.85	144.18
2	37.50	40.95	32.40	65.80	49.50	3.00	1.60	76.21	223.91	144.73
1	27.90	40.95	31.40	66.20	49.10	2.61	1.59	72.98	219.68	147.51
<b>Promedio</b>	<b>137.89</b>		<b>31.49</b>	<b>52.78</b>	<b>47.42</b>	<b>4.23</b>	<b>1.60</b>			<b>133.27</b>

**Tabla 5.21.** Consolidado de ciclos de vaciados CCV. (Fuente propia)

Como ya se explicó, se resalta las celdas de Dxy, Tcarga, Tespera, Tvaciado, Vxy y Vz, las cuales son constantes en cada nivel y se usaran para el cálculo de rendimientos. Se empleará el promedio para el cálculo de rendimientos en cada nivel de vaciado.

El registro de las mediciones de los ciclos de vaciado se presenta en el Anexo 4.3.

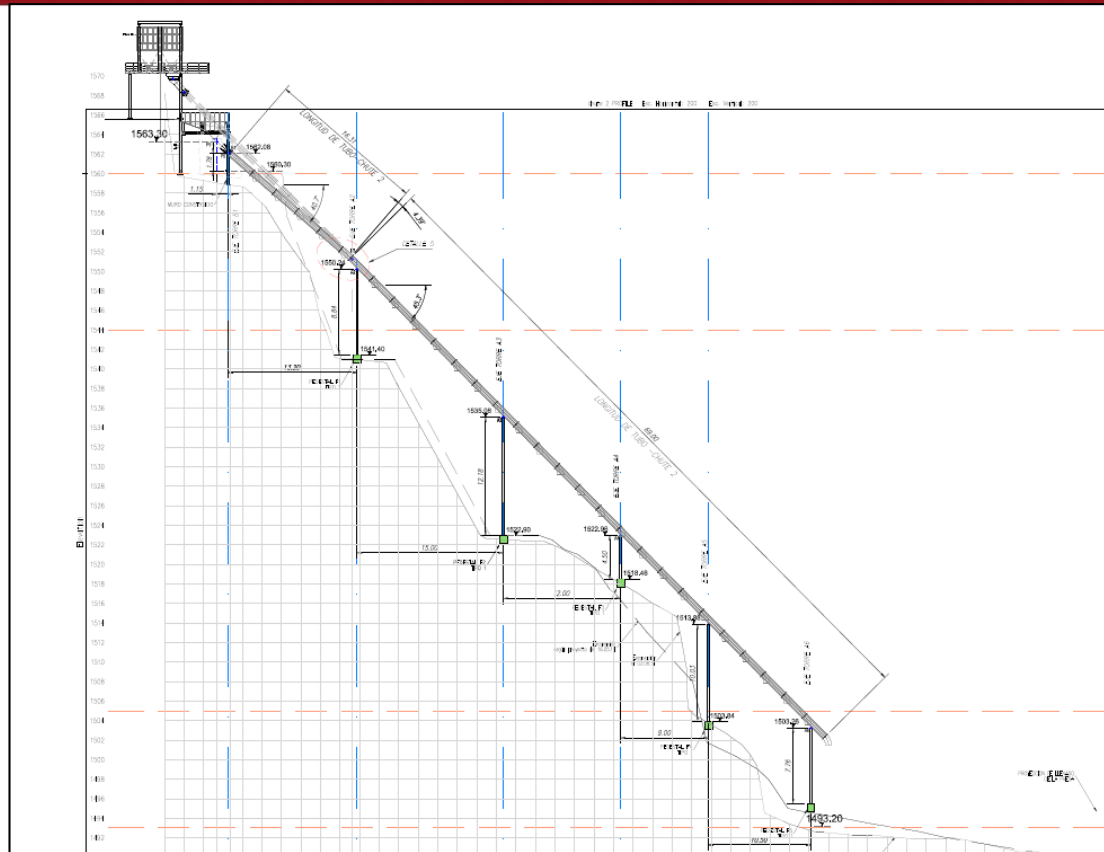
### 5.2.3.2. Sistema tradicional

Para este sistema se mide la distancia tanto en el plano XY y en el eje Z desde la bahía de cargas hasta un determinado bloque. Según el siguiente esquema:



**Fig 5.20.** Esquema de distancias a recorrer para vaciados con el camión volquete y “mixer”. (Fuente propia)

A continuación se realiza el análisis para determinar la distancia recorrida del concreto desde la bahía de carga al punto de recepción en cuerpo de presa:



**Fig. 5.21.** Esquema del chute. (Fuente CRM-CHCDA modificada por el autor de la presente tesis)

La figura detalla el esquema de los chutes, el cual indica el nivel de entrada y salida del concreto para cada nivel. El nivel de entrada es 1572.57 m.s.n.m. y el nivel de recepción del volquete o “mixer” se ubica a 4.00 m por encima del nivel de la presa; además, el chute forma un ángulo de 45° con el eje vertical. Por lo tanto la expresión es la siguiente:

$$Dchute(n) = (1572.57 - (n + 4)) * \sqrt{2}$$

Donde

Dchute(n): Longitud del chute respecto al nivel de vaciado. En metros lineales

n : Nivel del bloque a vaciar.

Se obtuvo lo siguiente:

<b>NIVEL</b>	<b>1530.20</b>
--------------	----------------

BLOQUE	DISTANCIA XY (m)	DISTANCIA Z (m)	DISTANCIA TOTAL (m)
1	7.10	54.26	68.46
2	14.30	54.26	82.86
3	27.50	54.26	109.26
4	42.80	54.26	139.86
5	58.70	54.26	171.66
6	74.90	54.26	204.06
7	90.10	54.26	234.46
8	104.60	54.26	263.46
9	121.20	54.26	296.66
10	139.50	54.26	333.26
11	153.20	54.26	360.66
12	169.50	54.26	393.26
13	183.70	54.26	421.66
14	194.00	54.26	442.26
15	219.60	54.26	493.46
16	227.50	54.26	509.26

**Tabla 5.22.** Distancias XY y Z desde la recepción del concreto al bloque a vaciar.

(Fuente propia)

- Análisis camión volquete:**

Se presenta como modelo el cálculo de los 2 ciclos de vaciado de CCR en el bloque 14 para nivel 1523.0 m.s.n.m. en el turno día:

Actividad	CICLOS (s)		T <sub>prom</sub> (s)	V <sub>prom</sub> (m/s)
	1er	2do		
Carga concreto	397	392	394.5	Chute:
ida XY	101	99	100	0.16
Espera	138	141	139.5	Volquete:
Vaciado	70	67	68.5	1.91
Vuelta XY	101	105	103	
Espera	172	163	167.5	
T total/ciclo	979	967	973	

**Tabla 5.23.** Ciclos de vaciados CCR – Turno día. (Fuente propia)

Del cuadro anterior se calcula los tiempos promedios para cada actividad del volquete, los cuales serán usados en un consolidado por nivel de vaciado. Así mismo, a partir de los tiempos promedios de desplazamiento se calcula la velocidad promedio del desplazamiento en eje XY. Teniendo como input las distancias XY

desde la recepción del concreto por la parte inferior del chute al bloque de vaciado para cada nivel, podremos calcular el tiempo de transporte.

A continuación se presenta como modelo el cálculo del consolidado de los 2 ciclos de vaciados de CCR en cada bloque para nivel 1523.0 m.s.n.m. en el turno día:

Bloque	Dxy (m)	Dchute (m)	Vchute (m/s)	Tcarga (s)	Tespera (s)	T vaciado (s)	Vvolquete (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/hr)
16	227.50	64.45	0.165	389.50	348.00	69.50	1.90	240.00	1047.00	48.14
15	219.60	64.45	0.165	391.50	324.00	72.00	1.90	231.41	1018.91	49.46
14	194.00	64.45	0.163	394.50	307.00	68.50	1.91	202.96	972.96	51.80
13	183.70	64.45	0.164	392.00	284.00	71.50	1.86	197.35	944.85	53.34
12	169.50	64.45	0.165	391.00	268.00	72.50	1.93	175.95	907.45	55.54
11	153.20	64.45	0.166	388.50	245.00	71.00	1.87	163.43	867.93	58.07
10	139.50	64.45	0.167	385.50	227.00	71.50	1.89	147.94	831.94	60.58
9	121.20	64.45	0.168	383.50	209.00	70.50	1.88	128.81	791.81	63.65
8	104.60	64.45	0.169	381.00	192.50	71.50	1.91	109.39	754.39	66.81
7	90.10	64.45	0.170	379.50	170.50	69.00	1.89	95.43	714.43	70.55
6	74.90	64.45	0.171	377.00	153.00	68.50	1.90	78.89	677.39	74.40
5	58.70	64.45	0.171	376.00	136.00	73.50	1.89	61.98	647.48	77.84
4	42.80	64.45	0.164	392.00	118.50	72.00	1.88	45.45	627.95	80.26
3	27.50	64.45	0.165	390.50	99.00	69.00	1.90	28.97	587.47	85.79
2	14.30	64.45	0.166	388.00	83.00	70.00	1.99	14.34	555.34	90.75
1	7.10	64.45	0.167	385.50	64.00	71.50	1.97	7.20	528.20	95.42

**Tabla 5.24.** Ciclos de vaciados CCR nivel 1523.0 m.s.n.m. Turno día. (Fuente propia)

Además se presenta como modelo el cálculo del consolidado de los 2 ciclos de vaciado de CCR de cada bloque para nivel 1532.0 m.s.n.m. en el turno día:

Bloque	Dxy (m)	Dchute (m)	Vchute (m/s)	Tcarga (s)	Tespera (s)	T vaciado (s)	Vvolquete (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/hr)
16	227.50	51.72	0.166	312.00	352.00	73.50	1.89	240.49	977.99	51.53
15	219.60	51.72	0.166	311.50	326.00	75.00	1.90	231.47	943.97	53.39
14	194.00	51.72	0.164	315.50	309.00	69.50	1.91	202.98	896.98	56.19
13	183.70	51.72	0.165	314.00	286.50	75.50	1.82	202.00	878.00	57.40
12	169.50	51.72	0.165	313.00	269.50	74.00	1.92	176.33	832.83	60.52
11	153.20	51.72	0.166	311.00	249.00	73.00	1.87	163.46	796.46	63.28
10	139.50	51.72	0.167	309.00	228.50	73.50	1.89	147.50	758.50	66.45
9	121.20	51.72	0.168	307.50	210.50	73.50	1.88	128.99	720.49	69.95
8	104.60	51.72	0.169	306.50	190.00	69.00	1.91	109.50	675.00	74.67
7	90.10	51.72	0.170	304.50	166.00	66.50	1.90	95.00	632.00	79.75
6	74.90	51.72	0.171	303.00	151.50	71.50	1.91	78.24	604.24	83.41
5	58.70	51.72	0.172	301.00	133.50	75.50	1.89	61.98	571.98	88.11
4	42.80	51.72	0.165	314.00	115.50	66.50	1.84	46.49	542.49	92.90
3	27.50	51.72	0.166	312.00	93.00	66.00	1.80	30.49	501.49	100.50
2	14.30	51.72	0.166	312.00	82.50	66.00	1.99	14.34	474.84	106.14
1	7.10	51.72	0.167	309.00	67.50	74.00	1.93	7.34	457.84	110.08

**Tabla 5.25.** Ciclos de vaciados CCR nivel 1532.0 m.s.n.m. Turno día. (Fuente propia)

Se puede observar que los tiempos de espera, vaciado y la velocidad del chute permanecen constantes. Por tanto el input que se tendrá para el cálculo de rendimientos es la altura y la distancia al bloque a vaciar.

Por otra parte, los cálculos tanto en el turno día y noche, permiten comparar e identificar cómo influye el entorno en la actividad del vaciado. Podemos enumerarlas a continuación:

TURNO DÍA	TURNO NOCHE
Visibilidad normal.	Poca visibilidad en algunos puntos de vaciado.
Velocidad normal.	Reducción de velocidad de traslado por seguridad.

**Tabla 5.26.** Influencia del entorno en los vaciados. (Fuente propia)

Finalmente, se presenta como modelo el consolidado de promediar los tiempos de vaciado del turno día y noche en el nivel 1523.0 y 1523.30 m.s.n.m., respectivamente.

Bloque	Dxy (m)	Dchute (m)	Vchute (m/s)	Tcarga (s)	Tespera (s)	Tvaciado (s)	Vvolquete (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/h)
16	227.50	64.23	0.165	389.75	353.50	69.50	1.89	240.33	1053.08	47.86
15	219.60	64.23	0.164	392.25	334.75	71.25	1.90	231.10	1029.35	48.97
14	194.00	64.23	0.162	395.75	320.50	70.00	1.83	211.82	998.07	50.53
13	183.70	64.23	0.163	393.50	300.00	71.75	1.86	197.37	962.62	52.37
12	169.50	64.23	0.164	392.50	283.50	72.00	1.92	176.17	924.17	54.55
11	153.20	64.23	0.164	390.50	262.50	71.50	1.87	163.46	887.96	56.79
10	139.50	64.23	0.166	388.00	245.25	70.50	1.89	147.70	851.45	59.22
9	121.20	64.23	0.167	385.25	227.50	70.75	1.88	128.64	812.14	62.10
8	104.60	64.23	0.167	384.75	210.00	71.00	1.91	109.53	775.28	65.06
7	90.10	64.23	0.168	383.00	190.00	70.25	1.89	95.47	738.72	68.30
6	74.90	64.23	0.169	381.25	171.75	68.75	1.90	78.92	700.67	72.01
5	58.70	64.23	0.169	380.50	155.00	72.75	1.89	61.99	670.24	75.28
4	42.80	64.23	0.166	387.50	136.50	70.00	1.88	45.45	639.45	78.84
3	27.50	64.23	0.164	392.75	117.75	70.00	1.90	28.97	609.47	82.80
2	14.30	64.23	0.164	390.75	100.50	70.50	1.98	14.41	576.16	87.59
1	7.10	64.23	0.165	388.75	81.25	71.00	1.94	7.33	548.33	92.04
<b>Promedio</b>	<b>114.26</b>		<b>0.165</b>		<b>218.14</b>	<b>70.72</b>	<b>1.90</b>			<b>65.90</b>

**Tabla 5.27.** Consolidado de ciclos de vaciados CCR. (Fuente propia)

Se resaltó las celdas de Dxy, Vchute, Tespera, Tvaciado y V<sup>m</sup>mixer”, las cuales son constantes en cada nivel y se usaran para el cálculo de rendimientos. Se empleará el promedio para el cálculo de rendimientos en cada nivel de vaciado.

El registro de las mediciones de los ciclos de vaciado se presenta en el Anexo 4.3.



• **Análisis camión “mixer”:**

Se presenta como modelo el cálculo de los 2 ciclos de vaciado de CCV en el bloque 10 para nivel 1521.2 m.s.n.m. en el turno día:

Actividad	CICLOS (s)		T <sub>prom</sub> (s)	V <sub>prom</sub> (m/s)
	1er	2do		
Carga concreto	289	285	287	Chute:
ida XY	77	71	74	0.23
Espera	82	87	84.5	Mixer:
Vaciado	326	334	330	1.95
Vuelta XY	74	69	71.5	
Espera	115	121	118	
T total/ciclo	963	967	965	

**Tabla 5.28.** Ciclos de vaciados CCV – Turno día. (Fuente propia)

A continuación se presenta como modelo el cálculo del consolidado de los 2 ciclos de vaciado de CCV en cada bloque para nivel 1521.2 m.s.n.m. en el turno día:

Bloque	Dxy (s)	Dchute (s)	Vchute (m/s)	Tcarga (s)	Esperas (s)	T vaciado (s)	Vmixer (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/hr)
16	227.50	66.99	0.24	277.50	335.00	333.50	1.95	233.50	1179.50	21.37
15	219.60	66.99	0.24	283.00	314.00	340.00	1.97	223.47	1160.47	21.72
14	194.00	66.99	0.23	285.50	291.00	328.50	1.95	199.22	1104.22	22.82
13	183.70	66.99	0.24	284.00	266.00	331.50	1.93	189.92	1071.42	23.52
12	169.50	66.99	0.25	273.00	244.50	328.50	1.88	180.50	1026.50	24.55
11	153.20	66.99	0.24	279.00	224.50	336.00	1.87	163.98	1003.48	25.11
10	139.50	66.99	0.23	287.00	202.50	330.00	1.92	145.46	964.96	26.12
9	121.20	66.99	0.23	287.50	181.00	332.00	1.94	124.99	925.49	27.23
8	104.60	66.99	0.23	285.50	164.50	335.50	1.87	111.99	897.49	28.08
7	90.10	66.99	0.24	285.00	150.50	337.00	1.82	98.91	871.41	28.92
6	74.90	66.99	0.24	284.50	123.00	330.00	1.80	83.00	820.50	30.71
5	58.70	66.99	0.23	285.50	112.00	335.00	1.79	65.47	797.97	31.58
4	42.80	66.99	0.23	285.50	98.00	329.50	1.79	47.92	760.92	33.12
3	27.50	66.99	0.24	284.50	86.00	335.00	1.67	32.97	738.47	34.12
2	14.30	66.99	0.24	285.00	62.00	338.50	1.75	16.36	701.86	35.90
1	7.10	66.99	0.24	283.50	47.00	333.00	1.70	8.37	671.87	37.51

**Tabla 5.29.** Ciclos de vaciados CCR nivel 1521.20 m.s.n.m. Turno día. (Fuente propia)

Además se presenta como modelo el cálculo del consolidado de los 2 ciclos de vaciado de CCV de cada bloque para nivel 1530.20 m.s.n.m. en el turno día:

Bloque	Dxy (s)	Dchute (s)	Vchute (m/s)	Tcarga (s)	Esperas (s)	T vaciado (s)	Vmixer (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/hr)
16	227.50	54.26	0.24	226.00	336.50	335.00	1.94	234.98	1132.48	22.25
15	219.60	54.26	0.23	231.00	311.50	339.50	1.97	222.49	1104.49	22.82
14	194.00	54.26	0.24	230.50	288.50	333.00	1.95	198.87	1050.87	23.98
13	183.70	54.26	0.24	230.50	262.50	334.50	1.91	191.92	1019.42	24.72
12	169.50	54.26	0.24	221.50	246.00	332.00	1.85	182.99	982.49	25.65
11	153.20	54.26	0.24	227.00	220.00	332.00	1.89	162.46	941.46	26.77
10	139.50	54.26	0.23	232.00	202.50	333.00	1.89	147.48	914.98	27.54
9	121.20	54.26	0.23	232.50	183.50	334.50	1.93	125.50	876.00	28.77
8	104.60	54.26	0.23	236.00	166.00	338.50	1.87	111.96	852.46	29.56
7	90.10	54.26	0.23	234.50	150.00	338.50	1.89	95.50	818.50	30.79
6	74.90	54.26	0.23	231.00	127.00	334.00	1.84	81.50	773.50	32.58
5	58.70	54.26	0.23	231.00	114.50	340.50	1.81	64.98	750.98	33.56
4	42.80	54.26	0.24	230.50	101.00	333.00	1.78	47.98	712.48	35.37
3	27.50	54.26	0.24	230.50	82.00	332.00	1.70	32.43	676.93	37.23
2	14.30	54.26	0.24	230.00	64.00	339.00	1.79	15.94	648.94	38.83
1	7.10	54.26	0.24	229.50	49.50	336.00	1.58	9.00	624.00	40.38

**Tabla 5.30.** Ciclos de vaciados CCR nivel 1530.20 m.s.n.m. Turno día. (Fuente propia)

Finalmente, se presenta como modelo el consolidado de promediar los tiempos de vaciado del turno día y noche en el nivel 1530.20 y 1530.50 m.s.n.m., respectivamente.

Bloque	Dxy (m)	Dchute (m)	Vchute (m/s)	Tcarga (s)	Tespera (s)	Tvaciado (s)	Vmixer (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	Concreto/hora (m3/h)
16	227.50	66.78	0.236	282.50	363.50	337.00	1.84	247.75	1230.75	20.51
15	219.60	66.78	0.234	286.00	345.50	339.00	1.86	236.24	1206.74	20.91
14	194.00	66.78	0.233	286.75	322.75	335.25	1.82	214.70	1159.45	21.78
13	183.70	66.78	0.234	286.00	297.50	338.50	1.84	199.96	1121.96	22.51
12	169.50	66.78	0.238	280.75	278.25	336.25	1.79	190.23	1085.48	23.28
11	153.20	66.78	0.235	284.75	259.25	339.00	1.80	170.44	1053.44	23.98
10	139.50	66.78	0.231	289.25	241.75	334.00	1.80	155.20	1020.20	24.77
9	121.20	66.78	0.234	285.25	223.75	333.25	1.82	133.49	975.74	25.90
8	104.60	66.78	0.235	284.00	205.00	338.00	1.79	116.74	943.74	26.77
7	90.10	66.78	0.236	282.75	185.75	337.00	1.79	100.70	906.20	27.85
6	74.90	66.78	0.238	280.50	161.25	331.75	1.74	86.25	859.75	29.37
5	58.70	66.78	0.238	280.25	142.00	335.50	1.75	66.98	824.73	30.59
4	42.80	66.78	0.240	278.75	126.25	331.75	1.79	47.92	784.67	32.14
3	27.50	66.78	0.234	286.00	110.75	337.00	1.63	33.73	767.48	32.88
2	14.30	66.78	0.234	285.00	87.75	336.75	1.74	16.42	725.92	34.75
1	7.10	66.78	0.237	282.25	70.75	335.25	1.60	8.92	697.17	36.19
Promedio	114.26		0.235		213.859	335.953	1.776			27.14

**Tabla 5.31.** Consolidado de ciclos de vaciados CCV. (Fuente propia)

Se resaltó las celdas de Dxy, Vchute y Vmixer, las cuales son constantes en cada nivel y se usaran como inputs para el cálculo de rendimientos. Se empleará el promedio para el cálculo de rendimientos en cada nivel de vaciado.

El registro de las mediciones de los ciclos de vaciados se presenta en el Anexo 4.3. A continuación, se muestra como ejemplo el cálculo del rendimiento promedio de vaciado en una capa determinada para ambos sistemas:

• **Camión “mixer”:**

A partir de los consolidados de ciclos de vaciados, se tiene como input lo siguiente:

- Nivel a vaciar “n”
- $D_{xy} = 114.26$  m
- $V_{chute} = 0.235$  m/s
- $T_{espera} = 213.89$  s
- $V_{mixer} = 1.78$  m/s
- $T_{vaciado} = 336.35$  s

A partir de lo anterior se podrá calcular lo siguiente:

- $D_{chute} = (1572.57 - (n+4)) * \sqrt{2}$  , en metros; donde “n” es el nivel a vaciar
- $T_{carga} = D_{chute} / V_{chute}$ , en segundos
- $T_{transporte} = D_{xy} / V_{mixer}$ , en segundos
- $T_{total} = T_{carga} + T_{espera} + T_{vaciado} + T_{transporte}$ , en segundos
- $Rendimiento = (7m^3) / T_{total} * (3600s/hr)$ , en m<sup>3</sup>/hr; donde 7m<sup>3</sup> es el volumen de concreto que el “mixer” puede transportar.

En la siguiente tabla se presenta los resultados para tres niveles:

NIVEL	Dxy (m)	Dchute (m)	Vchute (m/s)	Tcarga (s)	Tespera (s)	Tvaciado (s)	Vmixer (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	m3/hr
<b>1,487.30</b>	114.26	114.93	0.235	489.08	213.89	336.35	1.78	128.68	1,168.00	<b>21.58</b>
<b>1,529.60</b>	114.26	55.11	0.235	234.52	213.89	336.35	1.78	128.68	913.44	<b>27.59</b>
<b>1,553.60</b>	114.26	21.17	0.235	90.09	213.89	336.35	1.78	128.68	769.01	<b>32.77</b>

**Tabla 5.32.** Cálculo de rendimientos promedios de vaciado de CCV – “mixer”.

(Fuente propia)

• **Camión volquete:**

A partir de los consolidados de ciclos de vaciados, se tiene como input lo siguiente:

- Nivel a vaciar “n”
- $D_{xy} = 114.26$  m
- $V_{chute} = 0.165$  m/s
- $T_{espera} = 218.13$  s
- $V_{volquete} = 1.89$  m/s
- $T_{vaciado} = 70.88$  s

A partir de lo anterior se podrá calcular lo siguiente:

- $D_{chute} = (1572.57 - (n+4)) * \sqrt{2}$  , en metros; donde “n” es el nivel a vaciar
- $T_{carga} = D_{chute} / V_{chute}$ , en segundos
- $T_{transporte} = D_{xy} / V_{volquete}$ , en segundos
- $T_{total} = T_{carga} + T_{espera} + T_{vaciado} + T_{transporte}$ , en segundos

- Rendimiento=  $(14m^3)/T_{total}*(3600s/hr)$ , en m<sup>3</sup>/hr; donde 14 m<sup>3</sup> es el volumen de concreto que el volquete puede transportar.

En la siguiente tabla se presenta los resultados para tres niveles:

NIVEL	Dxy (m)	Dchute (m)	Vchute (m/s)	Tcarga (s)	Tespera (s)	T vaciado (s)	Vvolquete (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	m3/hr
<b>1,496.90</b>	114.26	101.36	0.165	612.98	218.13	70.88	1.89	120.63	1,022.62	<b>49.29</b>
<b>1,529.00</b>	114.26	55.96	0.165	338.44	218.13	70.88	1.89	120.63	748.07	<b>67.37</b>
<b>1,553.60</b>	114.26	21.17	0.165	128.04	218.13	70.88	1.89	120.63	537.67	<b>93.74</b>

**Tabla 5.33.** Cálculo de rendimientos promedios de vaciado de CCR – volquete.

(Fuente propia)

- **Blondin - CCR:**

A partir de los consolidados de ciclos de vaciados, se tiene como input lo siguiente:

- Nivel a vaciar “n”
- Dxy= 137.89 m
- Tcarga=29.67 s
- Tespera= 50.50 s
- Tvaciado= 10.75 s
- Vxy= 4.55 m/s
- Vz= 1.80 m/s

A partir de lo anterior se podrá calcular lo siguiente:

- Dz=  $(3121-2*n)/2$ , en metros; donde “n” es el nivel a vaciar
- Ttransporte=  $2*(Dxy/Vxy+Dz/Vz)$ , en segundos
- Ttotal=Tcarga+Tespera+Tvaciado+Ttransporte, en segundos
- Rendimiento=  $(9m^3)/T_{total}*(3600s/hr)$ , en m<sup>3</sup>/hr; donde 9 m<sup>3</sup> es el volumen de concreto que la cubeta del blondin puede transportar.

En la siguiente tabla se presenta los resultados para tres niveles:

NIVEL	Dxy (m)	Dz (m)	T Carga (s)	Tespera (s)	T vaciado (s)	Vxy (m/s)	Vz (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	m3/hr
<b>1,490.90</b>	137.89	69.60	29.67	50.50	10.75	4.55	1.80	138.01	228.92	<b>141.53</b>
<b>1,528.70</b>	137.89	31.80	29.67	50.50	10.75	4.55	1.80	95.98	186.90	<b>173.36</b>
<b>1,549.40</b>	137.89	11.10	29.67	50.50	10.75	4.55	1.80	72.97	163.88	<b>197.70</b>

**Tabla 5.34.** Cálculo de rendimientos promedios de vaciado de CCR – blondin.

(Fuente propia)

• **Blondin - CCV:**

A partir de los consolidados de ciclos de vaciados, se tiene como input lo siguiente:

- Nivel a vaciar “n”
- $D_{xy} = 137.89$  m
- $T_{carga} = 31.22$  s
- $T_{espera} = 52.62$  s
- $T_{vaciado} = 47.25$  s
- $V_{xy} = 4.23$  m/s
- $V_z = 1.60$  m/s

A partir de lo anterior se podrá calcular lo siguiente:

- $D_z = (3121 - 2 \cdot n) / 2$ , en metros; donde “n” es el nivel a vaciar
- $T_{transporte} = 2 \cdot (D_{xy} / V_{xy} + D_z / V_z)$ , en segundos
- $T_{total} = T_{carga} + T_{espera} + T_{vaciado} + T_{transporte}$ , en segundos
- $Rendimiento = (9 \text{ m}^3) / T_{total} \cdot (3600 \text{ s/hr})$ , en m<sup>3</sup>/hr; donde 9 m<sup>3</sup> es el volumen de concreto que la cubeta del blondin puede transportar.

En la siguiente tabla se presenta los resultados para tres niveles:

NIVEL	Dxy (m)	Dz (m)	T Carga (s)	Tespera (s)	T vaciado (s)	Vxy (m/s)	Vz (m/s)	T transporte (s)	Ttotal (s)	m3/hr
<b>1,485.20</b>	137.89	75.30	31.22	52.62	47.25	4.23	1.60	159.37	290.45	<b>111.55</b>
<b>1,522.70</b>	137.89	37.80	31.22	52.62	47.25	4.23	1.60	112.47	243.55	<b>133.03</b>
<b>1,555.70</b>	137.89	4.80	31.22	52.62	47.25	4.23	1.60	71.20	202.28	<b>160.17</b>

**Tabla 5.35.** Cálculo de rendimientos promedios de vaciado de CCV – blondin.

(Fuente propia)

En la siguiente tabla se presenta el resumen comparativo de los rendimientos promedio de vaciado en capas iniciales (capa 1 al 10), intermedias (capa 141 al 150) y finales (capa 281 al 290) de la presa.

		Rendimiento (m3/hr)			
		CCV		CCR	
N° capa	NIVEL	Mixer	Blondin	Volquete	Blondin
1	1,472.00	20.00	105.55	40.79	129.64
2	1,472.30	20.03	105.68	40.88	129.81
3	1,472.60	20.06	105.81	40.96	129.98
4	1,472.90	20.09	105.94	41.05	130.16
5	1,473.20	20.11	106.07	41.13	130.33
6	1,473.50	20.14	106.20	41.22	130.51
7	1,473.80	20.17	106.33	41.31	130.68
8	1,474.10	20.20	106.46	41.39	130.86
9	1,474.40	20.23	106.59	41.48	131.03
10	1,474.70	20.26	106.73	41.57	131.21
141	1,514.00	25.02	127.34	57.51	159.42
142	1,514.30	25.06	127.53	57.68	159.68
143	1,514.60	25.11	127.72	57.85	159.94
144	1,514.90	25.15	127.91	58.02	160.21
145	1,515.20	25.20	128.10	58.19	160.47
146	1,515.50	25.24	128.29	58.36	160.74
147	1,515.80	25.29	128.48	58.54	161.00
148	1,516.10	25.33	128.67	58.71	161.27
149	1,516.40	25.38	128.86	58.89	161.54
150	1,516.70	25.43	129.05	59.07	161.81
281	1,556.00	33.40	160.47	97.46	206.97
282	1,556.30	33.48	160.77	97.94	207.41
283	1,556.60	33.56	161.07	98.44	207.86
284	1,556.90	33.64	161.37	98.93	208.30
285	1,557.20	33.72	161.67	99.43	208.75
286	1,557.50	33.80	161.97	99.94	209.20
287	1,557.80	33.88	162.28	100.45	209.65
288	1,558.10	33.97	162.58	100.96	210.10
289	1,558.40	34.05	162.89	101.49	210.56
290	1,558.70	34.13	163.20	102.01	211.02

**Tabla 5.36.** Resumen comparativo de los rendimientos promedio de vaciado.

(Fuente propia)

Según lo anterior, se puede concluir que los rendimientos promedios para cada sistema van en el rango de los siguientes valores:

	Rendimiento (m3/hr)
Blondin CCR	130 a 213
Blondin CCV	106 a 165
Mixer	20 a 40
Volquete	41 a 105

**Tabla 5.37.** Resumen de rendimientos promedio de vaciado. (Fuente propia)

Según la tabla anterior, los rendimientos mostrados permitirán calcular los tiempos de ejecución considerando los metrados por niveles de vaciado. Los tiempos

obtenidos serán usados para generar el planeamiento de obra, con el cual se calcula el tiempo de ejecución total del proyecto.

Finalmente, los rendimientos promedios de cada sistema para los vaciados en cada nivel de la presa son presentados en el Anexo 4.4.



## CAPÍTULO 6: PLANEAMIENTO DEL VACIADO DE CONCRETO AL CUERPO DE LA PRESA

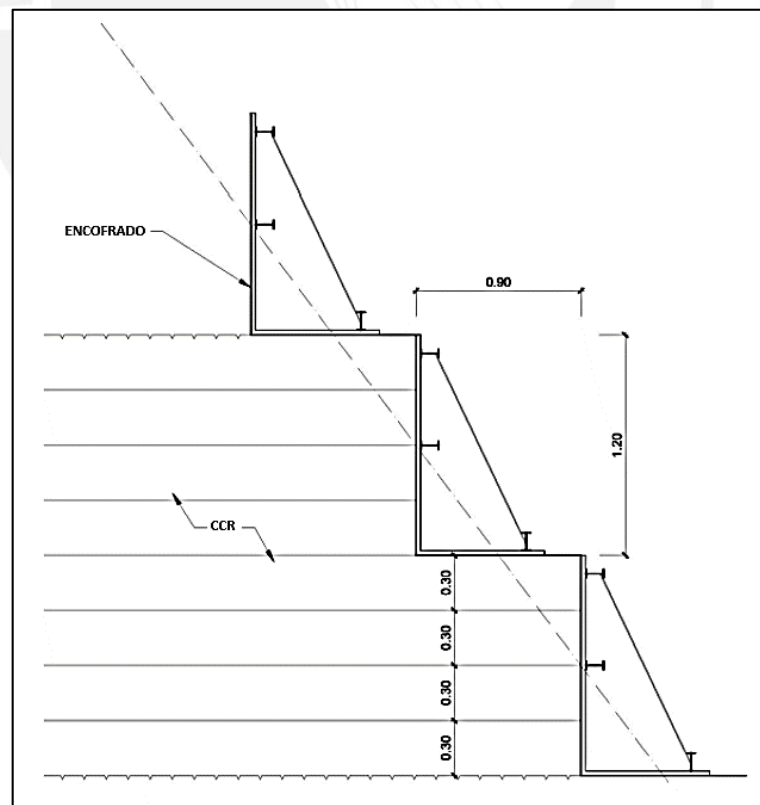
### 6.1. Metrados

Los metrados de concreto fueron realizados a partir de levantamientos topográficos. Se presenta los metrados generales de concreto y encofrado a continuación:

Metrados totales		
Descripción	Un.	Cantidad
CCV	m3	182,358.74
CCR	m3	265,757.58
Encofrado	m2	88,674.37

**Tabla 6.01.** Metrados totales del cuerpo de la presa (Fuente CRM-CHCDA).

La presa tiene una altura de 86.70 metros sobre cimientos, desde la cota 1,472.0 m.s.n.m. hasta 1,558.70 m.s.n.m., por tanto tiene un total de 290 capas de vaciado. Se presenta el detalle de los metrados por nivel de vaciado en el Anexo 5.1. Cada nivel de encofrado será utilizado para 4 capas de CCR, se entiende que el vaciado de cada capa es de 30 cm, según diseño. El esquema de encofrado del cuerpo presa se muestra en la siguiente figura.



**Fig 6.01.** Esquema de encofrado del cuerpo de la presa (Fuente CRM-CHCDA).



## 6.2. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

### 6.2.1. Días trabajables

Se presenta los días trabajables, que considera los días afectados por precipitaciones y feriados.

Las precipitaciones mayores a 7mm afectan a la producción de CCR, por tal es importante cuantificarlos. Se presenta el promedio anual de precipitaciones diarias del 2014-2015 en el Anexo 5.2.

A continuación se presenta los días trabajables afectados por las precipitaciones, consideramos medio turno de trabajo en los días con intensidad de lluvia alta para ponderar las cargas de trabajo afectadas por lluvia.

ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14
23	20	22	23	24	25	26	26	27	26	26	21

**Tabla 6.02.** Días trabajables del 2014 (Fuente CRM-CHCDA).

ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15
23	17	18	21	20	21

**Tabla 6.03.** Días trabajables del 2015 (Fuente CRM-CHCDA).

Los días festivos influyen en la programación, los cuales serán considerados en la programación.

Se presenta los días feriados para el año 2014 y 2015:

Mes Días	Descripción
Enero 01	Año nuevo
Marzo 27 / 28	Jueves y Viernes Santo
Mayo 01	Día del trabajo
Junio 29	Día de San Pedro y San Pablo
Julio 28 / 29	Independencia Nacional
Agosto 30	Día de Santa Rosa de Lima
Octubre 08 / 25	Batalla de Angamos / Construcción Civil
Noviembre 01	Día de Todos los Santos
Diciembre 08 / 25	Día de la Inmaculada Concepción / Navidad

**Tabla 6.04.** Días feriados del 2014-2015 (Fuente MINTRA).

Considerando los días festivos, las lluvias y los días domingos, se presenta a continuación los días trabajables considerados para la programación de todas las actividades:

ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14
22	20	20	23	23	25	24	26	27	24	25	19

**Tabla 6.05.** Días trabajables considerados del 2014 (Fuente propia).

ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15
22	17	16	21	19	20

**Tabla 6.06.** Días trabajables considerados del 2015 (Fuente propia).

### 6.2.2. Productividad de los equipos y la mano de obra:

Para los vaciados de CCR y CCV se tiene actividades que dependen por completo en los equipos y de la Mano de Obra:

- Equipos:

Actividad	Equipos	Rendimiento
Tendido de Concreto	Tractor s/orugas 150hp D6N	248.5 m <sup>3</sup> /hr
Compactación parcial del CCR	Rodillo Liso Vib 14 ton	214.6 m <sup>3</sup> /hr
Compactación complementaria de CCR	Rodillo Tandem	52.6 m <sup>3</sup> /hr

**Tabla 6.07.** Rendimiento de equipos (Fuente CRM-CHCDA).

- Las actividades que dependen de la mano de obra son:
  - La colocación de encofrado, el cual tiene R=8.7m<sup>2</sup>/hr por cuadrilla.
  - Colocación de CCR, con R=60m<sup>3</sup>/hr por cuadrilla.
  - Colocación de CCV, con R=60m<sup>3</sup>/hr por cuadrilla.
- El rendimiento de la Planta de concreto es de 600m<sup>3</sup>/hr, el cual es mayor a la demanda de concreto que requieren los sistemas de vaciados analizados, por tanto evitará la existencia de demoras.

El rendimiento de vaciado de CCR y CCV dependerá del sistema blondin o tradicional. En el caso del tradicional, se empleará 2 camiones “mixer” y 2 camiones Volquete.

Los rendimientos por cuadrilla de trabajo se presentan a continuación:

#### Cuadrilla Colocación Encofrado

**Rendimiento: 8.5 m<sup>2</sup>/hr**

Código	Descripción	Unidad	Indice	Cantidad
00008MO001	Capataz	hh/m <sup>2</sup>	0.136	2.0
00008MO003	Operario	hh/m <sup>2</sup>	0.958	9.0
00008MO004	Oficial	hh/m <sup>2</sup>	0.224	2.0
00008MO005	Peon	hh/m <sup>2</sup>	0.496	5.0

**Tabla 6.08.** Rendimiento colocación encofrados (Fuente propia).

**Cuadrilla Colocación CCV****Rendimiento: 60 m<sup>3</sup>/hr**

Código	Descripción	Unidad	Indice	Cantidad
00008MO001	Capataz	hh/m <sup>3</sup>	0.012	1.0
00008MO003	Operario	hh/m <sup>3</sup>	0.027	2.0
00008MO005	Peon	hh/m <sup>3</sup>	0.032	2.0

**Tabla 6.09.** Rendimiento colocación CCV (Fuente propia).**Cuadrilla Colocación CCR****Rendimiento: 60 m<sup>3</sup>/hr**

Código	Descripción	Unidad	Indice	Cantidad
00008MO001	Capataz	hh/m <sup>3</sup>	0.013	1.0
00008MO005	Peon	hh/m <sup>3</sup>	0.617	4.0

**Tabla 6.10.** Rendimiento colocación CCR (Fuente propia).

A continuación se presenta un resumen de los rendimientos de las actividades para ambos sistemas:

Cod.	Actividad	Equipos	Cantidad	Rendimiento total
1.1.	Colocación del encofrado	-	8 cuadrillas	69.12 m <sup>2</sup> /hr
1.2.	Vaciado del CCR	Blondin	1	130 - 213 m <sup>3</sup> /hr
1.3.	Tendido de Concreto	Tractor s/orugas	2	497 m <sup>3</sup> /hr
1.4.	Compactación parcial del CCR	Rodillo Liso	2	429.2 m <sup>3</sup> /hr
1.5.	Vaciado del CCV	Blondin	1	106 - 165 m <sup>3</sup> /hr
1.6.	Compactación complementaria de CCR	Rodillo Tandem	2	105.2 m <sup>3</sup> /hr

**Tabla 6.11.** Resumen rendimientos - sistema blondin (Fuente propia).

Cod.	Actividad	Equipos	Cantidad	Rendimiento total
1.1.	Colocación del encofrado	-	8 cuadrillas	69.12 m <sup>2</sup> /hr
1.2.	Vaciado del CCR	Camión Volquete	2	82 - 210 m <sup>3</sup> /hr
1.3.	Tendido de Concreto	Tractor s/orugas	2	497 m <sup>3</sup> /hr
1.4.	Compactación parcial del CCR	Rodillo Liso	2	429.2 m <sup>3</sup> /hr
1.5.	Vaciado del CCV	Camión Mixer	2	40 - 69 m <sup>3</sup> /hr
1.6.	Compactación complementaria de CCR	Rodillo Tandem	2	105.2 m <sup>3</sup> /hr

**Tabla 6.12.** Resumen rendimientos - sistema tradicional (Fuente propia).

Según lo mostrado, si se emplea el sistema blondin se necesitarán 8 cuadrillas para encofrados, 2 cuadrillas para CCV y 3 cuadrillas para CCR. Por tanto intervienen 21 capataces, 76 operarios, 16 oficiales y 56 peones.

Por otro lado, si se emplea el sistema tradicional se necesitarán 8 cuadrillas para encofrados, 1 cuadrilla para CCV y 2 cuadrillas para CCR. Por tanto intervienen 20 capataces, 74 operarios, 16 oficiales y 50 peones.

### 6.2.3. Definición de trabajos y cálculo del tiempo de ejecución:

La secuencia de actividades se muestra a continuación:

Cod.	Descripción
1	Cuerpo de la Presa
1.1.	Colocación del encofrado (capa 1-4)
1.2.	Vaciado del CCR (capa 1)
1.3.	Tendido de Concreto (capa 1)
1.4.	Compactación parcial del CCR (capa 1)
1.5.	Vaciado del CCV (capa 1)
1.6.	Compactación complementaria de CCR (capa 1)

**Tabla 6.13.** Secuencia de Actividades (Fuente propia).

A partir de lo anterior se calculó las duraciones de cada actividad durante la ejecución total del vaciado al cuerpo de Presa, el cual se presenta en el Anexo 4.3.

A continuación se presenta parte de las duraciones de cada actividad para cada sistema.

- **Sistema tradicional:**

A continuación se presenta los tiempos de ejecución por actividad para las primeras 20 capas de vaciado.

COTA (m.s.n.m.)	Encofrado			Vaciado del CCR			Tendido de CCR		
	Cant (m2)	Rend. (m2/hr)	T(hr)	CCR (m3)	Rend. (m3/hr)	T(hr)	CCR (m3)	Rend. (m3/hr)	T(hr)
1,472.00	91.29	69.12	1.32	582.86	81.58	7.14	582.86	497.00	1.17
1,472.30	186.17	69.12	2.69	597.63	81.75	7.31	597.63	497.00	1.20
1,472.60	279.47	69.12	4.04	612.44	81.92	7.48	612.44	497.00	1.23
1,472.90	349.56	69.12	5.06	627.25	82.09	7.64	627.25	497.00	1.26
1,473.20	361.11	69.12	5.22	633.39	82.26	7.70	633.39	497.00	1.27
1,473.50	369.50	69.12	5.35	647.98	82.44	7.86	647.98	497.00	1.30
1,473.80	90.26	69.12	1.31	582.86	82.61	7.06	582.86	497.00	1.17
1,474.10	91.32	69.12	1.32	597.63	82.78	7.22	597.63	497.00	1.20
1,474.40	92.37	69.12	1.34	612.44	82.96	7.38	612.44	497.00	1.23
1,474.70	93.42	69.12	1.35	627.25	83.13	7.55	627.25	497.00	1.26
1,475.00	94.02	69.12	1.36	633.39	83.31	7.60	633.39	497.00	1.27
1,475.30	95.06	69.12	1.38	647.98	83.49	7.76	647.98	497.00	1.30
1,475.60	96.07	69.12	1.39	662.55	83.67	7.92	662.55	497.00	1.33
1,475.90	196.88	69.12	2.85	505.74	83.84	6.03	505.74	497.00	1.02
1,476.20	155.91	69.12	2.26	510.36	84.02	6.07	510.36	497.00	1.03
1,476.50	155.39	69.12	2.25	524.35	84.20	6.23	524.35	497.00	1.06
1,476.80	154.90	69.12	2.24	538.34	84.38	6.38	538.34	497.00	1.08
1,477.10	154.44	69.12	2.23	552.33	84.57	6.53	552.33	497.00	1.11
1,477.40	130.17	69.12	1.88	603.48	84.75	7.12	603.48	497.00	1.21
1,477.70	131.17	69.12	1.90	614.44	84.93	7.23	614.44	497.00	1.24

**Tabla 6.14.** Tiempos de ejecución por actividad – sistema tradicional (Fuente propia).

COTA (m.s.n.m.)	Compactación parcial de CCR			Vaciado del CCV			Compactación complementaria de CCR		
	CCR (m3)	Rend. (m3/hr)	T(hr)	CCV (m3)	Rend. (m3/hr)	T(hr)	CCR (m3)	Rend. (m3/hr)	T(hr)
1,472.00	550.80	429.20	1.28	187.73	40.00	4.69	32.06	105.20	0.30
1,472.30	564.76	429.20	1.32	382.86	40.06	9.56	32.87	105.20	0.31
1,472.60	578.76	429.20	1.35	574.73	40.11	14.33	33.68	105.20	0.32
1,472.90	592.75	429.20	1.38	718.86	40.17	17.90	34.50	105.20	0.33
1,473.20	598.55	429.20	1.39	742.62	40.23	18.46	34.84	105.20	0.33
1,473.50	612.34	429.20	1.43	759.87	40.29	18.86	35.64	105.20	0.34
1,473.80	550.80	429.20	1.28	185.61	40.34	4.60	32.06	105.20	0.30
1,474.10	564.76	429.20	1.32	187.79	40.40	4.65	32.87	105.20	0.31
1,474.40	578.76	429.20	1.35	189.96	40.46	4.69	33.68	105.20	0.32
1,474.70	592.75	429.20	1.38	192.12	40.52	4.74	34.50	105.20	0.33
1,475.00	598.55	429.20	1.39	193.35	40.58	4.76	34.84	105.20	0.33
1,475.30	612.34	429.20	1.43	195.49	40.64	4.81	35.64	105.20	0.34
1,475.60	626.11	429.20	1.46	197.57	40.70	4.85	36.44	105.20	0.35
1,475.90	477.92	429.20	1.11	404.89	40.76	9.93	27.82	105.20	0.26
1,476.20	482.29	429.20	1.12	320.63	40.82	7.86	28.07	105.20	0.27
1,476.50	495.51	429.20	1.15	319.56	40.88	7.82	28.84	105.20	0.27
1,476.80	508.73	429.20	1.19	318.55	40.94	7.78	29.61	105.20	0.28
1,477.10	521.95	429.20	1.22	317.61	41.00	7.75	30.38	105.20	0.29
1,477.40	570.29	429.20	1.33	267.70	41.06	6.52	33.19	105.20	0.32
1,477.70	580.65	429.20	1.35	269.75	41.12	6.56	33.79	105.20	0.32

Tabla 6.15. Tiempos de ejecución por actividad – sistema tradicional (Fuente propia).

- **Sistema blondin:**

A continuación se presenta los tiempos de ejecución por actividad para las primeras 20 capas de vaciado.

COTA (m.s.n.m.)	Encofrado			Vaciado del CCR			Tendido de CCR		
	Cant (m2)	Rend. (m2/hr)	T(hr)	CCR (m3)	Rend. (m3/hr)	T(hr)	CCR (m3)	Rend. (m3/hr)	T(hr)
1,472.00	91.29	69.12	1.32	582.86	129.64	4.50	582.86	497.00	1.17
1,472.30	186.17	69.12	2.69	597.63	129.81	4.60	597.63	497.00	1.20
1,472.60	279.47	69.12	4.04	612.44	129.98	4.71	612.44	497.00	1.23
1,472.90	349.56	69.12	5.06	627.25	130.16	4.82	627.25	497.00	1.26
1,473.20	361.11	69.12	5.22	633.39	130.33	4.86	633.39	497.00	1.27
1,473.50	369.50	69.12	5.35	647.98	130.51	4.97	647.98	497.00	1.30
1,473.80	90.26	69.12	1.31	582.86	130.68	4.46	582.86	497.00	1.17
1,474.10	91.32	69.12	1.32	597.63	130.86	4.57	597.63	497.00	1.20
1,474.40	92.37	69.12	1.34	612.44	131.03	4.67	612.44	497.00	1.23
1,474.70	93.42	69.12	1.35	627.25	131.21	4.78	627.25	497.00	1.26
1,475.00	94.02	69.12	1.36	633.39	131.39	4.82	633.39	497.00	1.27
1,475.30	95.06	69.12	1.38	647.98	131.57	4.93	647.98	497.00	1.30
1,475.60	96.07	69.12	1.39	662.55	131.74	5.03	662.55	497.00	1.33
1,475.90	196.88	69.12	2.85	505.74	131.92	3.83	505.74	497.00	1.02
1,476.20	155.91	69.12	2.26	510.36	132.10	3.86	510.36	497.00	1.03
1,476.50	155.39	69.12	2.25	524.35	132.28	3.96	524.35	497.00	1.06
1,476.80	154.90	69.12	2.24	538.34	132.46	4.06	538.34	497.00	1.08
1,477.10	154.44	69.12	2.23	552.33	132.64	4.16	552.33	497.00	1.11
1,477.40	130.17	69.12	1.88	603.48	132.83	4.54	603.48	497.00	1.21
1,477.70	131.17	69.12	1.90	614.44	133.01	4.62	614.44	497.00	1.24

Tabla 6.16. Tiempos de ejecución por actividad – sistema blondin (Fuente propia).

COTA (m.s.n.m.)	Compactación parcial de CCR			Vaciado del CCV			Compactación complementaria de CCR		
	CCR (m3)	Rend. (m3/hr)	T(hr)	CCV (m3)	Rend. (m3/hr)	T(hr)	CCR (m3)	Rend. (m3/hr)	T(hr)
1,472.00	550.80	429.20	1.28	187.73	105.55	1.78	32.06	105.20	0.30
1,472.30	564.76	429.20	1.32	382.86	105.68	3.62	32.87	105.20	0.31
1,472.60	578.76	429.20	1.35	574.73	105.81	5.43	33.68	105.20	0.32
1,472.90	592.75	429.20	1.38	718.86	105.94	6.79	34.50	105.20	0.33
1,473.20	598.55	429.20	1.39	742.62	106.07	7.00	34.84	105.20	0.33
1,473.50	612.34	429.20	1.43	759.87	106.20	7.16	35.64	105.20	0.34
1,473.80	550.80	429.20	1.28	185.61	106.33	1.75	32.06	105.20	0.30
1,474.10	564.76	429.20	1.32	187.79	106.46	1.76	32.87	105.20	0.31
1,474.40	578.76	429.20	1.35	189.96	106.59	1.78	33.68	105.20	0.32
1,474.70	592.75	429.20	1.38	192.12	106.73	1.80	34.50	105.20	0.33
1,475.00	598.55	429.20	1.39	193.35	106.86	1.81	34.84	105.20	0.33
1,475.30	612.34	429.20	1.43	195.49	106.99	1.83	35.64	105.20	0.34
1,475.60	626.11	429.20	1.46	197.57	107.12	1.84	36.44	105.20	0.35
1,475.90	477.92	429.20	1.11	404.89	107.26	3.77	27.82	105.20	0.26
1,476.20	482.29	429.20	1.12	320.63	107.39	2.99	28.07	105.20	0.27
1,476.50	495.51	429.20	1.15	319.56	107.52	2.97	28.84	105.20	0.27
1,476.80	508.73	429.20	1.19	318.55	107.66	2.96	29.61	105.20	0.28
1,477.10	521.95	429.20	1.22	317.61	107.79	2.95	30.38	105.20	0.29
1,477.40	570.29	429.20	1.33	267.70	107.93	2.48	33.19	105.20	0.32
1,477.70	580.65	429.20	1.35	269.75	108.06	2.50	33.79	105.20	0.32

**Tabla 6.17.** Tiempos de ejecución por actividad – sistema blondin (Fuente propia).

Posteriormente se generó el cronograma Gantt, en donde se definió las precedencias y sucesiones en los trabajos de acuerdo a la metodología de su ejecución. Para la programación de ambos sistemas de vaciados se tomó como fecha de inicio el 02/01/2014.

En las siguientes tablas se presentan parte del diagrama Gantt las cuales comprenden actividades de las capas iniciales, intermedias y finales de la presa con el fin de comparar el avance que se tiene en ambos sistemas.

Nombre de tarea	Sistema tradicional			Sistema blondin		
	Duración	Comienzo	Fin	Duración	Comienzo	Fin
Colocación del encofrado (capa 1-4)	13.11 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14	13.11 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Vaciado del CCR (capa 1)	7.14 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14	4.5 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Tendido del CCR (capa 1)	1.17 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14	1.17 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 1)	1.28 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14	1.28 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Vaciado del CCV (capa 1)	4.69 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14	1.78 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 1)	0.3 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14	0.3 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Vaciado del CCR (capa 2)	7.31 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14	4.6 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Tendido del CCR (capa 2)	1.2 horas	jue 02/01/14	vie 03/01/14	1.2 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 2)	1.32 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14	1.32 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Vaciado del CCV (capa 2)	9.56 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14	3.62 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 2)	0.31 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14	0.31 horas	jue 02/01/14	jue 02/01/14
Vaciado del CCR (capa 3)	7.48 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14	4.71 horas	jue 02/01/14	vie 03/01/14
Tendido del CCR (capa 3)	1.23 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14	1.23 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 3)	1.35 horas	vie 03/01/14	sáb 04/01/14	1.35 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14
Vaciado del CCV (capa 3)	14.33 horas	sáb 04/01/14	sáb 04/01/14	5.43 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 3)	0.32 horas	sáb 04/01/14	sáb 04/01/14	0.32 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14
Vaciado del CCR (capa 4)	7.64 horas	sáb 04/01/14	lun 06/01/14	4.82 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14
Tendido del CCR (capa 4)	1.26 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14	1.26 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 4)	1.38 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14	1.38 horas	vie 03/01/14	vie 03/01/14
Vaciado del CCV (capa 4)	17.9 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14	6.79 horas	vie 03/01/14	sáb 04/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 4)	0.33 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14	0.33 horas	sáb 04/01/14	sáb 04/01/14
Colocación del encofrado (capa 5-8)	13.2 horas	lun 06/01/14	mar 07/01/14	13.2 horas	sáb 04/01/14	sáb 04/01/14
Vaciado del CCR (capa 5)	7.7 horas	lun 06/01/14	mar 07/01/14	4.86 horas	sáb 04/01/14	sáb 04/01/14
Tendido del CCR (capa 5)	1.27 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14	1.27 horas	sáb 04/01/14	sáb 04/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 5)	1.39 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14	1.39 horas	sáb 04/01/14	sáb 04/01/14
Vaciado del CCV (capa 5)	18.46 horas	mar 07/01/14	mié 08/01/14	7 horas	sáb 04/01/14	sáb 04/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 5)	0.33 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14	0.33 horas	sáb 04/01/14	sáb 04/01/14
Vaciado del CCR (capa 6)	7.86 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14	4.97 horas	sáb 04/01/14	lun 06/01/14
Tendido del CCR (capa 6)	1.3 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14	1.3 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 6)	1.43 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14	1.43 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14
Vaciado del CCV (capa 6)	18.86 horas	mié 08/01/14	jue 09/01/14	7.16 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 6)	0.34 horas	jue 09/01/14	jue 09/01/14	0.34 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14
Vaciado del CCR (capa 7)	7.06 horas	jue 09/01/14	jue 09/01/14	4.46 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14
Tendido del CCR (capa 7)	1.17 horas	jue 09/01/14	vie 10/01/14	1.17 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 7)	1.28 horas	vie 10/01/14	vie 10/01/14	1.28 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14
Vaciado del CCV (capa 7)	4.6 horas	vie 10/01/14	vie 10/01/14	1.75 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 7)	0.3 horas	vie 10/01/14	vie 10/01/14	0.3 horas	lun 06/01/14	lun 06/01/14
Vaciado del CCR (capa 8)	7.22 horas	vie 10/01/14	vie 10/01/14	4.57 horas	lun 06/01/14	mar 07/01/14
Tendido del CCR (capa 8)	1.2 horas	vie 10/01/14	vie 10/01/14	1.2 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 8)	1.32 horas	vie 10/01/14	vie 10/01/14	1.32 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Vaciado del CCV (capa 8)	4.65 horas	vie 10/01/14	vie 10/01/14	1.76 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 8)	0.31 horas	vie 10/01/14	vie 10/01/14	0.31 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Colocación del encofrado (capa 9-12)	5.42 horas	vie 10/01/14	sáb 11/01/14	5.42 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Vaciado del CCR (capa 9)	7.38 horas	vie 10/01/14	sáb 11/01/14	4.67 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Tendido del CCR (capa 9)	1.23 horas	sáb 11/01/14	sáb 11/01/14	1.23 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 9)	1.35 horas	sáb 11/01/14	sáb 11/01/14	1.35 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Vaciado del CCV (capa 9)	4.69 horas	sáb 11/01/14	sáb 11/01/14	1.78 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 9)	0.32 horas	sáb 11/01/14	sáb 11/01/14	0.32 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Vaciado del CCR (capa 10)	7.55 horas	sáb 11/01/14	dom 12/01/14	4.78 horas	mar 07/01/14	mar 07/01/14
Tendido del CCR (capa 10)	1.26 horas	dom 12/01/14	dom 12/01/14	1.26 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 10)	1.38 horas	dom 12/01/14	dom 12/01/14	1.38 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Vaciado del CCV (capa 10)	4.74 horas	dom 12/01/14	dom 12/01/14	1.8 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 10)	0.33 horas	dom 12/01/14	dom 12/01/14	0.33 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Vaciado del CCR (capa 11)	7.6 horas	dom 12/01/14	lun 13/01/14	4.82 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Tendido del CCR (capa 11)	1.27 horas	lun 13/01/14	lun 13/01/14	1.27 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 11)	1.39 horas	lun 13/01/14	lun 13/01/14	1.39 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Vaciado del CCV (capa 11)	4.76 horas	lun 13/01/14	mar 14/01/14	1.81 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 11)	0.33 horas	mar 14/01/14	mar 14/01/14	0.33 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Vaciado del CCR (capa 12)	7.76 horas	mar 14/01/14	mié 15/01/14	4.93 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Tendido del CCR (capa 12)	1.3 horas	mié 15/01/14	mié 15/01/14	1.3 horas	mié 08/01/14	mié 08/01/14
Compactación parcial del CCR (capa 12)	1.43 horas	mié 15/01/14	mié 15/01/14	1.43 horas	mié 08/01/14	jue 09/01/14
Vaciado del CCV (capa 12)	4.81 horas	mié 15/01/14	jue 16/01/14	1.83 horas	jue 09/01/14	jue 09/01/14
Compactación complementaria del CCR (capa 12)	0.34 horas	jue 16/01/14	jue 16/01/14	0.34 horas	jue 09/01/14	jue 09/01/14

Tabla 6.18. Resumen del diagrama Gantt de capas iniciales (Fuente propia).

Nombre de tarea	Sistema tradicional			Sistema blondin		
	Duración	Comienzo	Fin	Duración	Comienzo	Fin
Colocación del encofrado (capa 141-144)	16.6 horas	mar 14/10/14	mié 15/10/14	16.6 horas	mié 18/06/14	jue 19/06/14
Vaciado del CCR (capa 141)	10.89 horas	mar 14/10/14	mar 14/10/14	7.86 horas	mié 18/06/14	mié 18/06/14
Tendido del CCR (capa 141)	2.52 horas	mar 14/10/14	mar 14/10/14	2.52 horas	mié 18/06/14	mié 18/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 141)	2.76 horas	mar 14/10/14	mar 14/10/14	2.76 horas	mié 18/06/14	mié 18/06/14
Vaciado del CCV (capa 141)	11.44 horas	mar 14/10/14	mié 15/10/14	4.5 horas	mié 18/06/14	jue 19/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 141)	0.65 horas	mié 15/10/14	mié 15/10/14	0.65 horas	jue 19/06/14	jue 19/06/14
Vaciado del CCR (capa 142)	10.9 horas	mié 15/10/14	jue 16/10/14	7.87 horas	jue 19/06/14	jue 19/06/14
Tendido del CCR (capa 142)	2.53 horas	jue 16/10/14	jue 16/10/14	2.53 horas	jue 19/06/14	jue 19/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 142)	2.77 horas	jue 16/10/14	jue 16/10/14	2.77 horas	jue 19/06/14	jue 19/06/14
Vaciado del CCV (capa 142)	11.27 horas	jue 16/10/14	jue 16/10/14	4.43 horas	jue 19/06/14	vie 20/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 142)	0.66 horas	jue 16/10/14	jue 16/10/14	0.66 horas	vie 20/06/14	vie 20/06/14
Vaciado del CCR (capa 143)	10.55 horas	jue 16/10/14	vie 17/10/14	7.63 horas	vie 20/06/14	vie 20/06/14
Tendido del CCR (capa 143)	2.46 horas	vie 17/10/14	vie 17/10/14	2.46 horas	vie 20/06/14	vie 20/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 143)	2.69 horas	vie 17/10/14	vie 17/10/14	2.69 horas	vie 20/06/14	vie 20/06/14
Vaciado del CCV (capa 143)	11.54 horas	vie 17/10/14	sáb 18/10/14	4.54 horas	vie 20/06/14	vie 20/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 143)	0.64 horas	sáb 18/10/14	sáb 18/10/14	0.64 horas	vie 20/06/14	vie 20/06/14
Vaciado del CCR (capa 144)	10.56 horas	sáb 18/10/14	sáb 18/10/14	7.65 horas	vie 20/06/14	sáb 21/06/14
Tendido del CCR (capa 144)	2.46 horas	sáb 18/10/14	sáb 18/10/14	2.46 horas	sáb 21/06/14	sáb 21/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 144)	2.7 horas	sáb 18/10/14	sáb 18/10/14	2.7 horas	sáb 21/06/14	sáb 21/06/14
Vaciado del CCV (capa 144)	12.78 horas	sáb 18/10/14	lun 20/10/14	5.03 horas	sáb 21/06/14	sáb 21/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 144)	0.64 horas	lun 20/10/14	lun 20/10/14	0.64 horas	sáb 21/06/14	sáb 21/06/14
Colocación del encofrado (capa 145-148)	17.89 horas	lun 20/10/14	mar 21/10/14	17.89 horas	sáb 21/06/14	lun 23/06/14
Vaciado del CCR (capa 145)	10.56 horas	lun 20/10/14	lun 20/10/14	7.66 horas	sáb 21/06/14	lun 23/06/14
Tendido del CCR (capa 145)	2.47 horas	lun 20/10/14	lun 20/10/14	2.47 horas	lun 23/06/14	lun 23/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 145)	2.71 horas	lun 20/10/14	mar 21/10/14	2.71 horas	lun 23/06/14	lun 23/06/14
Vaciado del CCV (capa 145)	12.61 horas	mar 21/10/14	mar 21/10/14	4.96 horas	lun 23/06/14	lun 23/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 145)	0.64 horas	mar 21/10/14	mar 21/10/14	0.64 horas	lun 23/06/14	lun 23/06/14
Vaciado del CCR (capa 146)	10.57 horas	mar 21/10/14	mié 22/10/14	7.68 horas	lun 23/06/14	lun 23/06/14
Tendido del CCR (capa 146)	2.48 horas	mié 22/10/14	mié 22/10/14	2.48 horas	lun 23/06/14	lun 23/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 146)	2.72 horas	mié 22/10/14	mié 22/10/14	2.72 horas	lun 23/06/14	mar 24/06/14
Vaciado del CCV (capa 146)	12.44 horas	mié 22/10/14	jue 23/10/14	4.9 horas	mar 24/06/14	mar 24/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 146)	0.65 horas	jue 23/10/14	jue 23/10/14	0.65 horas	mar 24/06/14	mar 24/06/14
Vaciado del CCR (capa 147)	10.22 horas	jue 23/10/14	jue 23/10/14	7.44 horas	mar 24/06/14	mar 24/06/14
Tendido del CCR (capa 147)	2.41 horas	jue 23/10/14	jue 23/10/14	2.41 horas	mar 24/06/14	mar 24/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 147)	2.64 horas	jue 23/10/14	jue 23/10/14	2.64 horas	mar 24/06/14	mar 24/06/14
Vaciado del CCV (capa 147)	12.73 horas	jue 23/10/14	vie 24/10/14	5.01 horas	mar 24/06/14	mié 25/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 147)	0.63 horas	vie 24/10/14	vie 24/10/14	0.63 horas	mié 25/06/14	mié 25/06/14
Vaciado del CCR (capa 148)	10.23 horas	vie 24/10/14	vie 24/10/14	7.45 horas	mié 25/06/14	mié 25/06/14
Tendido del CCR (capa 148)	2.42 horas	vie 24/10/14	vie 24/10/14	2.42 horas	mié 25/06/14	mié 25/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 148)	2.65 horas	vie 24/10/14	lun 27/10/14	2.65 horas	mié 25/06/14	mié 25/06/14
Vaciado del CCV (capa 148)	12.56 horas	lun 27/10/14	lun 27/10/14	4.95 horas	mié 25/06/14	mié 25/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 148)	0.63 horas	lun 27/10/14	lun 27/10/14	0.63 horas	mié 25/06/14	jue 26/06/14
Colocación del encofrado (capa 149-152)	19.39 horas	lun 27/10/14	mar 28/10/14	19.39 horas	jue 26/06/14	jue 26/06/14
Vaciado del CCR (capa 149)	9.73 horas	lun 27/10/14	mar 28/10/14	7.09 horas	jue 26/06/14	jue 26/06/14
Tendido del CCR (capa 149)	2.31 horas	mar 28/10/14	mar 28/10/14	2.31 horas	jue 26/06/14	jue 26/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 149)	2.52 horas	mar 28/10/14	mar 28/10/14	2.52 horas	jue 26/06/14	jue 26/06/14
Vaciado del CCV (capa 149)	14.25 horas	mar 28/10/14	mar 28/10/14	5.61 horas	jue 26/06/14	jue 26/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 149)	0.6 horas	mar 28/10/14	mar 28/10/14	0.6 horas	jue 26/06/14	jue 26/06/14
Vaciado del CCR (capa 150)	9.74 horas	mar 28/10/14	mié 29/10/14	7.11 horas	jue 26/06/14	vie 27/06/14
Tendido del CCR (capa 150)	2.32 horas	mié 29/10/14	mié 29/10/14	2.32 horas	vie 27/06/14	vie 27/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 150)	2.53 horas	mié 29/10/14	mié 29/10/14	2.53 horas	vie 27/06/14	vie 27/06/14
Vaciado del CCV (capa 150)	14.08 horas	mié 29/10/14	jue 30/10/14	5.55 horas	vie 27/06/14	vie 27/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 150)	0.6 horas	jue 30/10/14	jue 30/10/14	0.6 horas	vie 27/06/14	vie 27/06/14
Vaciado del CCR (capa 151)	9.61 horas	jue 30/10/14	jue 30/10/14	7.03 horas	vie 27/06/14	vie 27/06/14
Tendido del CCR (capa 151)	2.29 horas	jue 30/10/14	jue 30/10/14	2.29 horas	vie 27/06/14	sáb 28/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 151)	2.51 horas	jue 30/10/14	jue 30/10/14	2.51 horas	sáb 28/06/14	sáb 28/06/14
Vaciado del CCV (capa 151)	12.39 horas	jue 30/10/14	vie 31/10/14	4.88 horas	sáb 28/06/14	sáb 28/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 151)	0.6 horas	vie 31/10/14	vie 31/10/14	0.6 horas	sáb 28/06/14	sáb 28/06/14
Vaciado del CCR (capa 152)	9.53 horas	vie 31/10/14	vie 31/10/14	6.98 horas	sáb 28/06/14	sáb 28/06/14
Tendido del CCR (capa 152)	2.28 horas	vie 31/10/14	lun 03/11/14	2.28 horas	sáb 28/06/14	sáb 28/06/14
Compactación parcial del CCR (capa 152)	2.49 horas	lun 03/11/14	lun 03/11/14	2.49 horas	sáb 28/06/14	sáb 28/06/14
Vaciado del CCV (capa 152)	13.42 horas	lun 03/11/14	lun 03/11/14	5.29 horas	sáb 28/06/14	lun 30/06/14
Compactación complementaria del CCR (capa 152)	0.59 horas	lun 03/11/14	lun 03/11/14	0.59 horas	lun 30/06/14	lun 30/06/14

Tabla 6.19. Resumen del diagrama Gantt de capas intermedias (Fuente propia).



Nombre de tarea	Sistema tradicional			Sistema blondin		
	Duración	Comienzo	Fin	Duración	Comienzo	Fin
Colocación del encofrado (capa 281-284)	7.02 horas	mar 03/03/15	mar 03/03/15	7.02 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCR (capa 281)	0.92 horas	mar 03/03/15	mar 03/03/15	0.86 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Tendido del CCR (capa 281)	0.36 horas	mar 03/03/15	mar 03/03/15	0.36 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación parcial del CCR (capa 281)	0.39 horas	mar 03/03/15	mar 03/03/15	0.39 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCV (capa 281)	3.74 horas	mar 03/03/15	mar 03/03/15	1.56 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación complementaria del CCR (capa 281)	0.09 horas	mar 03/03/15	mar 03/03/15	0.09 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCR (capa 282)	0.91 horas	mar 03/03/15	mar 03/03/15	0.86 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Tendido del CCR (capa 282)	0.36 horas	mar 03/03/15	mar 03/03/15	0.36 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación parcial del CCR (capa 282)	0.39 horas	mar 03/03/15	mar 03/03/15	0.39 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCV (capa 282)	3.73 horas	mar 03/03/15	mié 04/03/15	1.55 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación complementaria del CCR (capa 282)	0.09 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.09 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCR (capa 283)	0.9 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.85 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Tendido del CCR (capa 283)	0.36 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.36 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación parcial del CCR (capa 283)	0.39 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.39 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCV (capa 283)	3.72 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	1.55 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación complementaria del CCR (capa 283)	0.09 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.09 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCR (capa 284)	0.89 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.84 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Tendido del CCR (capa 284)	0.35 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.35 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación parcial del CCR (capa 284)	0.39 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.39 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCV (capa 284)	3.71 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	1.55 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación complementaria del CCR (capa 284)	0.09 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.09 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Colocación del encofrado (capa 285-288)	7.08 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	7.08 horas	sáb 20/09/14	lun 22/09/14
Vaciado del CCR (capa 285)	0.88 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.84 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Tendido del CCR (capa 285)	0.35 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.35 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación parcial del CCR (capa 285)	0.39 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.39 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCV (capa 285)	3.73 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	1.56 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación complementaria del CCR (capa 285)	0.09 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.09 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCR (capa 286)	0.87 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.83 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Tendido del CCR (capa 286)	0.35 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.35 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Compactación parcial del CCR (capa 286)	0.38 horas	mié 04/03/15	mié 04/03/15	0.38 horas	sáb 20/09/14	sáb 20/09/14
Vaciado del CCV (capa 286)	3.72 horas	mié 04/03/15	jue 05/03/15	1.55 horas	sáb 20/09/14	lun 22/09/14
Compactación complementaria del CCR (capa 286)	0.09 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.09 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Vaciado del CCR (capa 287)	0.86 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.83 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Tendido del CCR (capa 287)	0.35 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.35 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Compactación parcial del CCR (capa 287)	0.38 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.38 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Vaciado del CCV (capa 287)	3.7 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	1.55 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Compactación complementaria del CCR (capa 287)	0.09 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.09 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Vaciado del CCR (capa 288)	0.85 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.82 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Tendido del CCR (capa 288)	0.35 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.35 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Compactación parcial del CCR (capa 288)	0.38 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.38 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Vaciado del CCV (capa 288)	3.71 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	1.55 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Compactación complementaria del CCR (capa 288)	0.09 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.09 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Colocación del encofrado (capa 289-290)	2.58 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	2.58 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Vaciado del CCR (capa 289)	0.84 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.81 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Tendido del CCR (capa 289)	0.34 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.34 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Compactación parcial del CCR (capa 289)	0.38 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.38 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Vaciado del CCV (capa 289)	3.72 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	1.55 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Compactación complementaria del CCR (capa 289)	0.09 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.09 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Vaciado del CCR (capa 290)	0.28 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.27 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Tendido del CCR (capa 290)	0.11 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.11 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Compactación parcial del CCR (capa 290)	0.13 horas	jue 05/03/15	jue 05/03/15	0.13 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Vaciado del CCV (capa 290)	7.06 horas	jue 05/03/15	vie 06/03/15	2.95 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Compactación complementaria del CCR (capa 290)	0.03 horas	vie 06/03/15	vie 06/03/15	0.03 horas	lun 22/09/14	lun 22/09/14

Tabla 6.20. Resumen del diagrama Gantt de capas finales (Fuente propia).

Se presenta a continuación los resultados finales.

Sistema	Inicio	Fin
Blondin	02/01/2014	22/09/2014
Tradicional	02/01/2014	06/03/2015

**Tabla 6.21.** Plazo de ejecución total (Fuente propia).

De acuerdo a los resultados de plazos, podemos encontrar una brecha de 5 meses y 14 días, lo cual viene a representar que el sistema tradicional emplea un 63% más del tiempo ejecutado por el sistema blondin.

Además, se obtiene los tiempos totales de ejecución:

- Sistema blondin: 4,495 horas trabajadas de manera individual por cada recurso (mano de obra, equipos).
- Sistema tradicional: 7,477 horas trabajadas de manera individual por cada recurso (mano de obra, equipos).

Los datos anteriores serán aplicados para al cálculo del costo directo total de mano de obra y equipos que se presenta más adelante en los análisis de costos.

Además se adjunta el cronograma Gantt de las actividades en el Anexo 5.4 y 5.5.

#### 6.2.4. Análisis de Costos:

Los precios unitarios de los recursos son los siguientes:

Código	Descripción	Unidad	Indice	Costo unitario (USD)	Costo parcial (USD)
00019MA904	<b>Rodillo liso vibratorio 14 ton</b>	Hm			113.45
	<b>Mano de obra</b>				34.31
00019MO904	Operador rod. liso vib.	Hh	4.63580	7.40	34.31
	<b>Material</b>				45.99
00036M1055	Petroleo	L	20.00000	1.86	37.19
00036M5879	Aceites	L	0.95000	3.20	3.04
00036M6987	Grasas	Kg	0.04000	5.06	0.20
00036M2258	accesorios	GLB	2.00000	2.00	4.00
00036M1165	Material rodante	GLB	1.56000	1.00	1.56
	<b>Otros</b>				33.14
00052O1547	amortizacion(depreciación y prorrato)	Hr	1.00000	22.22	22.22
00105O2687	Seguros	GLB	0.25000	1.00	0.25
00025O5721	intervencion en talleres	Hr	0.25000	42.69	10.67

**Tabla 6.22.** Análisis de precios unitarios del rodillo liso vib. 14 ton (Fuente propia).

Código	Descripción	Unidad	Indice	Costo unitario (USD)	Costo parcial (USD)
00019MA0101	<b>Rodillo tandem</b>	Hm			108.71
	<b>Mano de obra</b>				66.29
00019MO101	Operador rod. liso tan.	Hh	8.95648	7.40	66.29
	<b>Material</b>				25.09
00036M1055	Petroleo	L	9.87500	1.86	18.36
00036M5879	Aceites	L	0.72300	3.20	2.31
00036M6987	Grasas	Kg	0.02600	5.06	0.13
00036M2258	accesorios	GLB	1.58000	2.00	3.16
00036M1165	Material rodante	GLB	1.12000	1.00	1.12
	<b>Otros</b>				17.34
00052O1547	amortizacion(depreciación y prorratio)	Hr	1.00000	11.11	11.11
00105O2687	Seguros	GLB	0.25000	1.00	0.25
00025O5721	intervencion en talleres	Hr	0.14000	42.69	5.98

**Tabla 6.23.** Análisis de precios unitarios del rodillo tandem (Fuente propia).

Código	Descripción	Unidad	Indice	Costo unitario (USD)	Costo parcial (USD)
00018MA0124	<b>Tractor s/orugas 150hp D6N</b>	Hm			165.26
	<b>Mano de obra</b>				66.29
00018MO124	Operador tractor	Hh	8.95648	7.40	66.29
	<b>Material</b>				44.95
00036M1055	Petroleo	L	20.00000	1.86	37.19
00036M5879	Aceites	L	0.69800	3.20	2.23
00036M6987	Grasas	Kg	0.03650	5.06	0.18
00036M2258	accesorios	GLB	1.68000	2.00	3.36
00036M1165	Material rodante	GLB	1.98000	1.00	1.98
	<b>Otros</b>				54.02
00052O1547	amortizacion(depreciación y prorratio)	Hr	1.00000	40.11	40.11
00105O2687	Seguros	GLB	0.25000	1.00	0.25
00025O5721	intervencion en talleres	Hr	0.32000	42.69	13.66

**Tabla 6.24.** Análisis de precios unitarios del tractor s/orugas 150hp (Fuente propia).

Código	Descripción	Unidad	Indice	Costo unitario (USD)	Costo parcial (USD)
00017MA0109	<b>Camión "mixer" 7m3</b>	Hm			66.15
	<b>Mano de obra</b>				14.62
00017MO109	Operador de "mixer"	Hh	1.97530	7.40	14.62
	<b>Material</b>				22.03
00036M1055	Petroleo	L	8.20000	1.86	15.25
00036M5879	Aceites	L	0.58000	3.20	1.86
00036M6987	Grasas	Kg	0.02800	5.06	0.14
00036M2258	accesorios	GLB	1.52000	2.00	3.04
00036M1165	Material rodante	GLB	1.74000	1.00	1.74
	<b>Otros</b>				29.51
00052O1547	amortizacion(depreciación y prorratio)	Hr	1.00000	13.89	13.89
00105O2687	Seguros	GLB	0.25000	1.00	0.25
00025O5721	intervencion en talleres	Hr	0.36000	42.69	15.37

**Tabla 6.25.** Análisis de precios unitarios del camión "mixer" 7m3 (Fuente propia).

Código	Descripción	Unidad	Indice	Costo unitario (USD)	Costo parcial (USD)
00017MA0298	<b>Camión volquete 15m3</b>	Hm			67.67
	<b>Mano de obra</b>				12.90
00017MO298	Operador volquete 15m3	Hh	1.74236	7.40	12.90
	<b>Material</b>				19.93
00036M1055	Petroleo	L	7.90000	1.86	14.69
00036M5879	Aceites	L	0.20000	3.20	0.64
00036M6987	Grasas	Kg	0.02800	5.06	0.14
00036M2258	accesorios	GLB	1.42000	2.00	2.84
00036M1165	Material rodante	GLB	1.62000	1.00	1.62
	<b>Otros</b>				34.85
00052O1547	amortizacion(depreciación y prorratio)	Hr	1.00000	16.67	16.67
00105O2687	Seguros	GLB	0.25000	1.00	0.25
00025O5721	intervencion en talleres	Hr	0.42000	42.69	17.93

**Tabla 6.26.** Análisis de precios unitarios del camión volquete 15m3 (Fuente propia).

Código	Descripción	Unidad	Indice	Costo unitario (USD)	Costo parcial (USD)
00012MA0057	<b>Operaciones blondin</b>	Hm			41.67
	<b>Mano de obra</b>				9.30
00012MO0057	Operador blondin	Hh	1.25650	7.40	9.30
	<b>Material</b>				11.88
00036M1099	Electricidad	kWh	0.98700	6.85	6.76
00036M2258	accesorios	GLB	2.56000	2.00	5.12
	<b>Otros</b>				20.49
00025O5721	intervencion en talleres	Hr	0.48000	42.69	20.49

**Tabla 6.27.** Análisis de precios unitarios de las operaciones con blondin (Fuente propia).

Código	Descripción	Unidad	Indice	Costo unitario (USD)	Costo parcial (USD)
00012MA0069	<b>Operaciones silo bus</b>	Hm			30.37
	<b>Mano de obra</b>				7.40
00012MO0069	Operador silo bus	Hh	1.00000	7.40	7.40
	<b>Material</b>				8.45
00036M1099	Electricidad	kWh	0.79000	6.85	5.41
00036M2258	accesorios	GLB	1.52000	2.00	3.04
	<b>Otros</b>				14.51
00025O5721	intervencion en talleres	Hr	0.34000	42.69	14.51

**Tabla 6.28.** Análisis de precios unitarios de las operaciones con el silo bus (Fuente propia).

Categoría	Capataz				% BUC	
Categoría	Nombre	Jornal	B.Trab.Selva	B.Desq.R.H.	Nombre	%
1	Capataz	61.16	0.00	0.00	1 Capataz	37%
2	Operador	55.60	0.00	0.00	2 Operador	37%
3	Operario	55.60	0.00	0.00	3 Operario	32%
4	Oficial	46.50	0.00	0.00	4 Oficial	30%
5	Peón	41.50	0.00	0.00	5 Peón	30%

Entidad Pensiones	Nombre	Aporte	Comisión	Seguro
0	SNP	13.00%	0.00%	0.00%
1	Horizonte	11.00%	1.95%	0.88%
2	Integra	11.00%	1.80%	0.88%
3	Profuturo	11.00%	1.98%	0.98%
4	Prima	11.00%	1.50%	0.90%

Datos de cálculo		Capataz	Jornal	B.Especialic	B.U.C.	B.Productiv	Aport.Pens	Comis.Pens	Segur.Pens
Categoría	1	Capataz	61.16	61.00	37.00%	27.00	11.00%	1.98%	0.98%
Entidad Pensiones	3	Profuturo							
Núm.Hijos Asig.Escolar	2								
H.Normales	48.00								
H.Ext.60%	12.00								
H.Ext.100%	17.00								
B. Altitud, por día Trab.	0.50								
B. Trabajo Nocturno (#Días)	6.00								
B. Trabajo en altura (#Horas)	35.00								
Días trabajados	6.00								

Planilla	Sem. 01	Sem. 02	Sem. 03	Sem. 04	Sem. 05
<b>Ingresos</b>					
Normales	366.96	366.96	366.96	366.96	366.96
Asig. Escolar	70.57	70.57	70.57	70.57	70.57
Hor.Extras	221.71	221.71	221.71	221.71	221.71
B.Hor.Extras	185.01	185.01	185.01	185.01	185.01
B. Altitud	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
B. Trabajo Nocturno	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17
B. Trabajo en Altura	13.38	13.38	13.38	13.38	13.38
B. Especialización	366.00	366.00	366.00	366.00	366.00
B.Productividad	162.00	162.00	162.00	162.00	162.00
B.U.C.	135.78	135.78	135.78	135.78	135.78
Descanso Dominical	61.16	61.16	61.16	61.16	61.16
B.Transporte	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Ingresos</b>	<b>1,636.74</b>	<b>1,636.74</b>	<b>1,636.74</b>	<b>1,636.74</b>	<b>1,636.74</b>
<b>Egresos</b>					
Aporte Pensiones	91.83	91.83	91.83	91.83	91.83
Comisión Pensiones	16.53	16.53	16.53	16.53	16.53
Seguro Pensiones	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18
Conafovicer	8.56	8.56	8.56	8.56	8.56
Qta.Categoría	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Egresos</b>	<b>125.10</b>	<b>125.10</b>	<b>125.10</b>	<b>125.10</b>	<b>125.10</b>
<b>Neto a recibir</b>	<b>1,511.64</b>	<b>1,511.64</b>	<b>1,511.64</b>	<b>1,511.64</b>	<b>1,511.64</b>
<b>Aportes Patronales</b>					
Essalud	75.14	75.14	75.14	75.14	75.14
Essalud Vida	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
SCTR - Salud	6.51	6.51	6.51	6.51	6.51
SCTR - Invalidez	6.88	6.88	6.88	6.88	6.88
Seq.Vida	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34
Ap. Obl Empleador	16.37	16.37	16.37	16.37	16.37
<b>Total Aport.Patronal</b>	<b>108.84</b>	<b>108.84</b>	<b>108.84</b>	<b>108.84</b>	<b>108.84</b>
<b>Beneficios Sociales</b>					
Vacaciones (10%) Rem. Norm	36.70	36.70	36.70	36.70	36.70
Indemnización (12%)	70.64	70.64	70.64	70.64	70.64
Utilidades (3%)	17.66	17.66	17.66	17.66	17.66
Gratificación (por semana)	95.14	95.14	95.14	95.14	95.14
<b>Total Prov.Ben.Soc.</b>	<b>220.14</b>	<b>220.14</b>	<b>220.14</b>	<b>220.14</b>	<b>220.14</b>
<b>Costo Semanal</b>	<b>1,965.72</b>	<b>1,965.72</b>	<b>1,965.72</b>	<b>1,965.72</b>	<b>1,965.72</b>
<b>Costo Mensual</b>	<b>9,828.60</b>				
<b>COSTO TOTAL DIA</b>	<b>S/. 280.82</b>	<b>USD:</b>	T.C. PROMEDIO 2014	2.84	
<b>COSTO TOTAL Hora</b>	<b>S/. 25.53</b>	<b>\$8.99</b>			

Tabla 6.29. Cálculo del costo horario del capataz (Fuente propia).

Categoría	Operador				% BUC	
Categoría	Nombre	Jornal	B.Trab.Selva	B.Desq.R.H.	Nombre	%
1	Capataz	61.16	0.00	0.00	1 Capataz	37%
2	Operador	55.60	0.00	0.00	2 Operador	37%
3	Operario	55.60	0.00	0.00	3 Operario	32%
4	Oficial	46.50	0.00	0.00	4 Oficial	30%
5	Peón	41.50	0.00	0.00	5 Peón	30%

Entidad Pensiones	Nombre	Aporte	Comisión	Seguro
0	SNP	13.00%	0.00%	0.00%
1	Horizonte	11.00%	1.95%	0.88%
2	Integra	11.00%	1.80%	0.88%
3	Profuturo	11.00%	1.98%	0.98%
4	Prima	11.00%	1.50%	0.90%

Datos de cálculo		Jornal	B.Especialic	B.U.C.	B.Productiv	Aport.Pens	Comis.Pens	Segur.Pens
Categoría	2 Operador	55.60	32.00	37.00%	19.50	11.00%	1.98%	0.98%
Entidad Pensiones	3 Profuturo							
Núm.Hijos Asig.Escolar	2							
H.Normales	48.00							
H.Ext.60%	12.00							
H.Ext.100%	17.00							
B. Altitud, por día Trab.	0.50							
B. Trabajo Nocturno (#Días)	6.00							
B. Trabajo en altura (#Horas)	35.00							
Días trabajados	6.00							

Planilla	Sem. 01	Sem. 02	Sem. 03	Sem. 04	Sem. 05
<b>Ingresos</b>					
Normales	333.60	333.60	333.60	333.60	333.60
Asig.Escolar	64.15	64.15	64.15	64.15	64.15
Hor.Extras	201.55	201.55	201.55	201.55	201.55
B.Hor.Extras	168.19	168.19	168.19	168.19	168.19
B. Altitud	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
B. Trabajo Nocturno	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34
B. Trabajo en Altura	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16
B. Especialización	192.00	192.00	192.00	192.00	192.00
B.Productividad	117.00	117.00	117.00	117.00	117.00
B.U.C.	123.43	123.43	123.43	123.43	123.43
Descanso Dominical	55.60	55.60	55.60	55.60	55.60
B.Transporte	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Ingresos</b>	<b>1,321.02</b>	<b>1,321.02</b>	<b>1,321.02</b>	<b>1,321.02</b>	<b>1,321.02</b>
<b>Egresos</b>					
Aporte Pensiones	83.48	83.48	83.48	83.48	83.48
Comisión Pensiones	15.03	15.03	15.03	15.03	15.03
Seguro Pensiones	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44
Conafovicer	7.78	7.78	7.78	7.78	7.78
Qta.Categoría	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Egresos</b>	<b>113.73</b>	<b>113.73</b>	<b>113.73</b>	<b>113.73</b>	<b>113.73</b>
<b>Neto a recibir</b>	<b>1,207.29</b>	<b>1,207.29</b>	<b>1,207.29</b>	<b>1,207.29</b>	<b>1,207.29</b>
<b>Aportes Patronales</b>					
Essalud	68.30	68.30	68.30	68.30	68.30
Essalud Vida	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
SCTR - Salud	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
SCTR - Invalidez	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
Seq.Vida	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04
Ap. Obl Empleador	13.21	13.21	13.21	13.21	13.21
<b>Total Aport.Patronal</b>	<b>97.32</b>	<b>97.32</b>	<b>97.32</b>	<b>97.32</b>	<b>97.32</b>
<b>Beneficios Sociales</b>					
Vacaciones (10%) Rem. Norm	33.36	33.36	33.36	33.36	33.36
Indemnización (12%)	64.22	64.22	64.22	64.22	64.22
Utilidades (3%)	16.05	16.05	16.05	16.05	16.05
Gratificación (por semana)	86.49	86.49	86.49	86.49	86.49
<b>Total Prov.Ben.Soc.</b>	<b>200.12</b>	<b>200.12</b>	<b>200.12</b>	<b>200.12</b>	<b>200.12</b>
<b>Costo Semanal</b>	<b>1,618.46</b>	<b>1,618.46</b>	<b>1,618.46</b>	<b>1,618.46</b>	<b>1,618.46</b>
<b>Costo Mensual</b>	<b>8,092.31</b>				
<b>COSTO TOTAL DIA</b>	<b>S/. 231.21</b>	<b>USD:</b>	T.C. PROMEDIO 2014	2.84	
<b>COSTO TOTAL Hora</b>	<b>S/. 21.02</b>	<b>\$7.40</b>			

Tabla 6.30. Cálculo del costo horario del operador (Fuente propia).

Categoría	Operario				% BUC	
Categoría	Nombre	Jornal	B.Trab.Selva	B.Desq.R.H.	Nombre	%
1	Capataz	61.16	0.00	0.00	1 Capataz	37%
2	Operador	55.60	0.00	0.00	2 Operador	37%
3	Operario	55.60	0.00	0.00	3 Operario	32%
4	Oficial	46.50	0.00	0.00	4 Oficial	30%
5	Peón	41.50	0.00	0.00	5 Peón	30%

Entidad Pensiones	Nombre	Aporte	Comisión	Seguro
0	SNP	13.00%	0.00%	0.00%
1	Horizonte	11.00%	1.95%	0.88%
2	Integra	11.00%	1.80%	0.88%
3	Profuturo	11.00%	1.98%	0.98%
4	Prima	11.00%	1.50%	0.90%

Datos de cálculo		Jornal	B.Especialic	B.U.C.	B.Productiv	Aport.Pens	Comis.Pens	Segur.Pens
Categoría	3 Operario	55.60	24.00	32.00%	13.33	11.00%	1.98%	0.98%
Entidad Pensiones	3 Profuturo							
Núm.Hijos Asig.Escolar	2							
H.Normales	48.00							
H.Ext.60%	12.00							
H.Ext.100%	17.00							
B. Altitud, por día Trab.	0.50							
B. Trabajo Nocturno (#Días)	6.00							
B. Trabajo en altura (#Horas)	35.00							
Días trabajados	6.00							

Planilla	Sem. 01	Sem. 02	Sem. 03	Sem. 04	Sem. 05
<b>Ingresos</b>					
Normales	333.60	333.60	333.60	333.60	333.60
Asig. Escolar	64.15	64.15	64.15	64.15	64.15
Hor.Extras	201.55	201.55	201.55	201.55	201.55
B.Hor.Extras	168.19	168.19	168.19	168.19	168.19
B. Altitud	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
B. Trabajo Nocturno	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34
B. Trabajo en Altura	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16
B. Especialización	144.00	144.00	144.00	144.00	144.00
B.Productividad	79.98	79.98	79.98	79.98	79.98
B.U.C.	106.75	106.75	106.75	106.75	106.75
Descanso Dominical	55.60	55.60	55.60	55.60	55.60
B.Transporte	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Ingresos</b>	<b>1,219.32</b>	<b>1,219.32</b>	<b>1,219.32</b>	<b>1,219.32</b>	<b>1,219.32</b>
<b>Egresos</b>					
Aporte Pensiones	83.48	83.48	83.48	83.48	83.48
Comisión Pensiones	15.03	15.03	15.03	15.03	15.03
Seguro Pensiones	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44
Conafovicer	7.78	7.78	7.78	7.78	7.78
Qta.Categoría	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Egresos</b>	<b>113.73</b>	<b>113.73</b>	<b>113.73</b>	<b>113.73</b>	<b>113.73</b>
<b>Neto a recibir</b>	<b>1,105.59</b>	<b>1,105.59</b>	<b>1,105.59</b>	<b>1,105.59</b>	<b>1,105.59</b>
<b>Aportes Patronales</b>					
Essalud	68.30	68.30	68.30	68.30	68.30
Essalud Vida	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
SCTR - Salud	5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
SCTR - Invalidez	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
Seg.Vida	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04
Ap. Obl Empleador	12.19	12.19	12.19	12.19	12.19
<b>Total Aport.Patronal</b>	<b>96.30</b>	<b>96.30</b>	<b>96.30</b>	<b>96.30</b>	<b>96.30</b>
<b>Beneficios Sociales</b>					
Vacaciones (10%) Rem. Norm	33.36	33.36	33.36	33.36	33.36
Indemnización (12%)	64.22	64.22	64.22	64.22	64.22
Utilidades (3%)	16.05	16.05	16.05	16.05	16.05
Gratificación (por semana)	86.49	86.49	86.49	86.49	86.49
<b>Total Prov.Ben.Soc.</b>	<b>200.12</b>	<b>200.12</b>	<b>200.12</b>	<b>200.12</b>	<b>200.12</b>
<b>Costo Semanal</b>	<b>1,515.75</b>	<b>1,515.75</b>	<b>1,515.75</b>	<b>1,515.75</b>	<b>1,515.75</b>
<b>Costo Mensual</b>	<b>7,578.73</b>				
<b>COSTO TOTAL DIA</b>	<b>S/. 216.54</b>	<b>USD:</b>	T.C. PROMEDIO 2014	2.84	
<b>COSTO TOTAL Hora</b>	<b>S/. 19.69</b>	<b>\$6.93</b>			

Tabla 6.31. Cálculo del costo horario del operario (Fuente propia).

Categoría	Oficial				% BUC	
Categoría	Nombre	Jornal	B.Trab.Selva	B.Desq.R.H.	Nombre	%
1	Capataz	61.16	0.00	0.00	1 Capataz	37%
2	Operador	55.60	0.00	0.00	2 Operador	37%
3	Operario	55.60	0.00	0.00	3 Operario	32%
4	Oficial	46.50	0.00	0.00	4 Oficial	30%
5	Peón	41.50	0.00	0.00	5 Peón	30%

Entidad Pensiones	Nombre	Aporte	Comisión	Seguro
0	SNP	13.00%	0.00%	0.00%
1	Horizonte	11.00%	1.95%	0.88%
2	Integra	11.00%	1.80%	0.88%
3	Profuturo	11.00%	1.98%	0.98%
4	Prima	11.00%	1.50%	0.90%

Datos de cálculo		Oficial	Jornal	B.Especialic	B.U.C.	B.Productiv	Aport.Pens	Comis.Pens	Segur.Pens
Categoría	4	Oficial	46.50		30.00%	12.23	11.00%	1.98%	0.98%
Entidad Pensiones	3	Profuturo							
Núm.Hijos Asig.Escolar	2								
H.Normales	48.00								
H.Ext.60%	12.00								
H.Ext.100%	17.00								
B. Altitud, por día Trab.	0.50								
B. Trabajo Nocturno (#Días)	6.00								
B. Trabajo en altura(#Horas)	35.00								
Días trabajados	6.00								

Planilla	Sem. 01	Sem. 02	Sem. 03	Sem. 04	Sem. 05
<b>Ingresos</b>					
Normales	279.00	279.00	279.00	279.00	279.00
Asig. Escolar	53.65	53.65	53.65	53.65	53.65
Hor.Extras	168.56	168.56	168.56	168.56	168.56
B.Hor.Extras	140.66	140.66	140.66	140.66	140.66
B. Altitud	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
B. Trabajo Nocturno	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98
B. Trabajo en Altura	10.17	10.17	10.17	10.17	10.17
B. Especialización	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B.Productividad	73.38	73.38	73.38	73.38	73.38
B.U.C.	83.70	83.70	83.70	83.70	83.70
Descanso Dominical	46.50	46.50	46.50	46.50	46.50
B.Transporte	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Ingresos</b>	<b>907.60</b>	<b>907.60</b>	<b>907.60</b>	<b>907.60</b>	<b>907.60</b>
<b>Egresos</b>					
Aporte Pensiones	69.82	69.82	69.82	69.82	69.82
Comisión Pensiones	12.57	12.57	12.57	12.57	12.57
Seguro Pensiones	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22
Conafovicer	6.51	6.51	6.51	6.51	6.51
Qta.Categoría	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Egresos</b>	<b>95.12</b>	<b>95.12</b>	<b>95.12</b>	<b>95.12</b>	<b>95.12</b>
<b>Neto a recibir</b>	<b>812.48</b>	<b>812.48</b>	<b>812.48</b>	<b>812.48</b>	<b>812.48</b>
<b>Aportes Patronales</b>					
Essalud	57.12	57.12	57.12	57.12	57.12
Essalud Vida	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
SCTR - Salud	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95
SCTR - Invalidez	5.23	5.23	5.23	5.23	5.23
Seg.Vida	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54
Ap. Obl Empleador	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08
<b>Total Aport.Patronal</b>	<b>79.52</b>	<b>79.52</b>	<b>79.52</b>	<b>79.52</b>	<b>79.52</b>
<b>Beneficios Sociales</b>					
Vacaciones (10%) Rem. Norm	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90
Indemnización (12%)	53.71	53.71	53.71	53.71	53.71
Utilidades (3%)	13.43	13.43	13.43	13.43	13.43
Gratificación (por semana)	72.33	72.33	72.33	72.33	72.33
<b>Total Prov.Ben.Soc.</b>	<b>167.37</b>	<b>167.37</b>	<b>167.37</b>	<b>167.37</b>	<b>167.37</b>
<b>Costo Semanal</b>	<b>1,154.48</b>	<b>1,154.48</b>	<b>1,154.48</b>	<b>1,154.48</b>	<b>1,154.48</b>
<b>Costo Mensual</b>	<b>5,772.41</b>				
<b>COSTO TOTAL DIA</b>	<b>S/. 164.93</b>	<b>USD:</b>	T.C. PROMEDIO 2014	2.84	
<b>COSTO TOTAL Hora</b>	<b>S/. 14.99</b>	<b>\$5.28</b>			

Tabla 6.32. Cálculo del costo horario del oficial (Fuente propia).



Categoría	Peón				% BUC	
Categoría	Nombre	Jornal	B.Trab.Selva	B.Desq.R.H.	Nombre	%
1	Capataz	61.16	0.00	0.00	1 Capataz	37%
2	Operador	55.60	0.00	0.00	2 Operador	37%
3	Operario	55.60	0.00	0.00	3 Operario	32%
4	Oficial	46.50	0.00	0.00	4 Oficial	30%
5	Peón	41.50	0.00	0.00	5 Peón	30%

Entidad Pensiones	Nombre	Aporte	Comisión	Seguro
0	SNP	13.00%	0.00%	0.00%
1	Horizonte	11.00%	1.95%	0.88%
2	Integra	11.00%	1.80%	0.88%
3	Profuturo	11.00%	1.98%	0.98%
4	Prima	11.00%	1.50%	0.90%

Datos de cálculo		Peón	Jornal	B.Especialic	B.U.C.	B.Productiv	Aport.Pens	Comis.Pens	Segur.Pens
Categoría	5	Peón	41.50		30.00%	10.00	11.00%	1.98%	0.98%
Entidad Pensiones	3	Profuturo							
Núm.Hijos Asig.Escolar	2								
H.Normales	48.00								
H.Ext.60%	12.00								
H.Ext.100%	17.00								
B. Altitud, por día Trab.	0.50								
B. Trabajo Nocturno (#Días)	6.00								
B. Trabajo en altura(#Horas)	35.00								
Días trabajados	6.00								

Planilla	Sem. 01	Sem. 02	Sem. 03	Sem. 04	Sem. 05
<b>Ingresos</b>					
Normales	249.00	249.00	249.00	249.00	249.00
Asig.Escolar	47.88	47.88	47.88	47.88	47.88
Hor.Extras	150.44	150.44	150.44	150.44	150.44
B.Hor.Extras	125.54	125.54	125.54	125.54	125.54
B. Altitud	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
B. Trabajo Nocturno	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23
B. Trabajo en Altura	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08
B. Especialización	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B.Productividad	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
B.U.C.	74.70	74.70	74.70	74.70	74.70
Descanso Dominical	41.50	41.50	41.50	41.50	41.50
B.Transporte	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Ingresos</b>	<b>809.36</b>	<b>809.36</b>	<b>809.36</b>	<b>809.36</b>	<b>809.36</b>
<b>Egresos</b>					
Aporte Pensiones	62.31	62.31	62.31	62.31	62.31
Comisión Pensiones	11.22	11.22	11.22	11.22	11.22
Seguro Pensiones	5.55	5.55	5.55	5.55	5.55
Conafovicer	5.81	5.81	5.81	5.81	5.81
Qta.Categoría	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Egresos</b>	<b>84.89</b>	<b>84.89</b>	<b>84.89</b>	<b>84.89</b>	<b>84.89</b>
<b>Neto a recibir</b>	<b>724.47</b>	<b>724.47</b>	<b>724.47</b>	<b>724.47</b>	<b>724.47</b>
<b>Aportes Patronales</b>					
Essalud	50.98	50.98	50.98	50.98	50.98
Essalud Vida	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
SCTR - Salud	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42
SCTR - Invalidez	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67
Seg.Vida	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27
Ap. Obl Empleador	8.09	8.09	8.09	8.09	8.09
<b>Total Aport.Patronal</b>	<b>71.03</b>	<b>71.03</b>	<b>71.03</b>	<b>71.03</b>	<b>71.03</b>
<b>Beneficios Sociales</b>					
Vacaciones (10%) Rem. Norm	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90
Indemnización (12%)	47.93	47.93	47.93	47.93	47.93
Utilidades (3%)	11.98	11.98	11.98	11.98	11.98
Gratificación (por semana)	64.56	64.56	64.56	64.56	64.56
<b>Total Prov.Ben.Soc.</b>	<b>149.37</b>	<b>149.37</b>	<b>149.37</b>	<b>149.37</b>	<b>149.37</b>
<b>Costo Semanal</b>	<b>1,029.77</b>	<b>1,029.77</b>	<b>1,029.77</b>	<b>1,029.77</b>	<b>1,029.77</b>
<b>Costo Mensual</b>	<b>5,148.83</b>				
<b>COSTO TOTAL DIA</b>	<b>S/. 147.11</b>	<b>USD:</b>	T.C. PROMEDIO 2014	2.84	
<b>COSTO TOTAL Hora</b>	<b>S/. 13.37</b>	<b>\$4.71</b>			

Tabla 6.33. Cálculo del costo horario del peón (Fuente propia).

A partir de las horas trabajadas totales del proyecto presentado en el punto 6.2.3, los precios unitarios de equipos y costos horarios de mano de obra se presenta a continuación el costo directo total de mano de obra y equipos para la ejecución del vaciado con cada sistema de manera independiente.

Código	Recursos	unidad	Cantidad	Precio (USD)	Parcial (USD)	Total (USD)
<b>Mano de obra</b>						
00008MO001	Capataz	hh	94,395.00	8.99	848,611.05	
00008MO003	Operario	hh	341,620.00	6.93	2,367,426.60	
00008MO004	Oficial	hh	71,920.00	5.28	379,737.60	
00008MO005	Peon	hh	251,720.00	4.71	1,185,601.20	
<b>Equipos</b>						
009976	Sistema blondin	glb	1.00	4,852,876.47	4,852,876.47	
009976-9	Valor residual blondin	glb	1.00	-1,941,150.59	-1,941,150.59	
00012MA0057	Operaciones blondin	hm	4,495.00	41.67	187,306.65	
00012MA0069	Operaciones silo bus	hm	4,495.00	30.37	136,513.15	
00018MA0124	Tractor s/orugas 150hp D6N	hm	8,990.00	165.26	1,485,687.40	
00019MA904	Rodillo liso Vib. 14 ton	hm	8,990.00	113.45	1,019,915.50	
00019MA0101	Rodillo tandem	hm	8,990.00	108.71	977,302.90	
						<b>11,499,827.93</b>

**Tabla 6.34.** Costo directo total de mano de obra y equipos - sistema blondin  
(Fuente propia).

Código	Recursos	unidad	Cantidad	Precio (USD)	Parcial (USD)	Total (USD)
<b>Mano de obra</b>						
00008MO001	Capataz	hh	149,540.00	8.99	1,344,364.60	
00008MO003	Operario	hh	553,298.00	6.93	3,834,355.14	
00008MO004	Oficial	hh	119,632.00	5.28	631,656.96	
00008MO005	Peon	hh	373,850.00	4.71	1,760,833.50	
<b>Equipos</b>						
009958	Sistema chutes	glb	2.00	130,000.00	260,000.00	
009958-9	Valor residual chutes	glb	2.00	-40,000.00	-80,000.00	
00018MA0124	Tractor s/orugas 150hp D6N	hm	14,954.00	165.26	2,471,298.04	
00019MA904	Rodillo liso vib. 14 ton	hm	14,954.00	113.45	1,696,531.30	
00019MA0101	Rodillo tandem	hm	14,954.00	108.71	1,625,649.34	
00017MA0298	Camión volquete 15m3	hm	14,954.00	67.67	1,011,937.18	
00017MA0109	Camión mixer 7m3	hm	14,954.00	66.15	989,207.10	
						<b>15,545,833.16</b>

**Tabla 6.35.** Costo directo total de mano de obra y equipos - sistema tradicional  
(Fuente propia).

Según lo anterior, el valor negativo que tienen los valores residuales tanto del blondin y los chutes, se debe al re uso que se puede dar al equipo en futuros proyectos expresado en costo, el cual es estimado por el proveedor del equipo a partir de experiencias pasadas.

Por otra parte, se recalca que el tiempo total de horas hombre y horas máquinas fueron calculadas por medio del diagrama Gantt del proyecto total.

Finalmente, respecto a los costos totales, el sistema tradicional tiene costo mayor por \$ 4'046,005.23, lo cual representa un 35% del costo total al usar el sistema blondin.



## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. Conclusiones

En nuestro país, la innovación en la industria de la construcción ha ido en crecimiento, esto debido al aumento del número de proyectos que requieren un avance mayor en un menor tiempo para cumplir con el avance, plazo y costo contractual.

Una hidroeléctrica al ser una infraestructura singular y compleja requiere de equipos con mayor rendimiento que asegure cumplir con el plazo contractual. Además, al ser la mayoría de contratos del tipo EPC, requiere evitar posibles demoras que generan grandes multas que influyen en el presupuesto.

El sistema blondin se involucra en la actividad del vaciado de concreto permitiendo mayor avance a comparación del sistema tradicional conformado por camión volquete y “mixer”.

En la presente tesis se realizó a detalle el marco teórico, el cual presentó las partes y especificaciones técnicas del sistema blondin. Además se presentó el estudio preliminar para la construcción y montaje del sistema. Es importante resaltar que la topografía de la zona de trabajo influye en la construcción. En este caso la CHCDA se ubica colindante al río Mantaro, presenta una topografía compuesta por cerros, los cuales fueron importantes para la construcción del punto fijo y móvil del blondin. Así mismo, fue necesario reforzar los taludes para evitar desprendimientos generados por las solicitaciones a las cuales son sometidas ambos puntos.

Respecto a la construcción y montaje del blondin, si bien el sistema requiere de un proceso que demanda tiempo, esto se ve compensado con la construcción y montaje de la planta de concreto y la planta chancadora.

Los procedimientos de trabajo son instrucciones que debe seguir el responsable del blondin para poder realizar de manera correcta las operaciones. Además se presentó la matriz de identificación de peligro, evaluación de riesgos y medidas de control (IPERC) y la matriz de control operacional ambiental (MCOA); las cuales aseguran realizar las operaciones respetando la seguridad y la conservación del medio ambiente.

El análisis de productividad se realizó mediante indicadores tales como cartas balance, flujo de actividades y cálculo de rendimientos.

En primer lugar, la carta balance describe el porcentaje de trabajo productivo, contributorio y no contributorio de cada sistema. El análisis que se realizó y presentó en el capítulo 5 tuvo como resultado lo siguiente:

Blondin-CCR		Volquete-CCR	
Tiempo Productivo	10%	Tiempo Productivo	15%
Tiempo Contributorio	72%	Tiempo Contributorio	57%
Tiempo No Contributorio	18%	Tiempo No Contributorio	28%

Blondin-CCV		Mixer-CCV	
Tiempo Productivo	23%	Tiempo Productivo	23%
Tiempo Contributorio	54%	Tiempo Contributorio	44%
Tiempo No Contributorio	23%	Tiempo No Contributorio	33%

**Tabla 7.01.** Resultados cartas Balance (Fuente propia).

	Tiempo (hr)	Avance (m3)	Rendimiento (m3/hr)
Rend. de 2 "mixer"	1	56	56
Rend. de 2 volquetes	1	112	112
Rend. de blondin-CCR	1	180	180
Rend. de blondin-CCV	1	162	162

**Tabla 7.02.** Resultados cartas Balance (Fuente propia).

Se concluye que el sistema blondin tiene menor tiempo no contributorio respecto al sistema tradicional, esto genera que la productividad de las cuadrillas sea mayor. Además, el factor más importante en la construcción de la presa es la mínima área disponible para movilizar los equipos de un lugar a otro, sin embargo, se observa que el blondin no tiene impedimento de trasladar el concreto a cualquier bloque de la presa, por lo tanto se evita la generación de tiempos de espera y ocio.

Por otro lado, las cartas balance permitieron determinar los rendimientos de vaciado, los cuales fueron el primer indicador de cuanta es la diferencia en cuestiones de avance entre los dos sistemas. Claramente se puede observar que el sistema blondin permite mayor avance en comparación al sistema tradicional.

En segundo lugar, el flujo de actividades de equipos ha permitido clasificar las actividades productivas, contributorias y no contributorias que realizan los sistemas durante la jornada de trabajo. Se determinó el porcentaje respecto al total de tiempo por día para realizar cada tipo de actividad.

Este cálculo es importante para realizar el planeamiento de actividades, ya que se conocerá cuántas horas los sistemas emplean para realizar vaciados de concreto.

Se realizó el registro de tiempo durante una semana y fue presentado en el capítulo 5, del cual se obtuvo lo siguiente:

		L	M	M	J	V	S	D
Blondin	Act. Prod.	62	67	64	57	58	63	0
	Act. Contr.	23	20	24	30	21	17	68
	Act. No Cont.	15	13	12	13	21	20	32
Volquete	Act. Prod.	52	47	41	53	59	51	0
	Act. Contr.	6	6	6	6	6	6	48
	Act. No Cont.	42	47	53	41	35	43	52
Mixer	Act. Prod.	45	42	44	40	48	46	0
	Act. Contr.	6	6	6	6	6	6	42
	Act. No Cont.	49	52	50	54	46	48	58

**Tabla 7.03.** Resultados flujo de actividades de equipos (Fuente propia).

Del cual se concluye que el sistema blondin realiza mayor actividad productiva respecto al sistema tradicional, debido a que se puede desplazar fácilmente en toda la presa. Además queda claro que los días domingos son empleados para el mantenimiento de las maquinarias y equipos; y así asegurar la productividad durante la semana. Por esta razón es que el día domingo se puede considerar como buffer para la ejecución de las actividades.

En tercer lugar, el cálculo de rendimientos de vaciado de concreto se realizó por medición de ciclos de vaciado en cada bloque de la presa, con lo que se determinó un consolidado para dos niveles con lo cual se pudo determinar los factores que se consideran invariables en los niveles de vaciados, los cuáles se usaron para determinar los rendimientos promedio para vaciado en los niveles de la presa.

Se realizó el análisis y fue presentado en el capítulo 5, de cual se obtuvo lo siguiente:

	Rendimiento (m <sup>3</sup> /hr)
Blondin CCR	130 a 213
Blondin CCV	106 a 165
Mixer	20 a 40
Volquete	41 a 105

**Tabla 7.04.** Resultados del cálculo de rendimientos de vaciado (Fuente propia).

A partir de lo anterior, se concluye que los rendimientos de vaciado del sistema blondin son mayores en comparación con el sistema tradicional. Los cálculos realizados para cada nivel proporcionan una mayor exactitud y permite saber cómo va aumentando los rendimientos según se va vaciando las capas inferiores de la presa. Los rendimientos fueron aplicados en el planeamiento de vaciados.

Para el planeamiento de la actividad de vaciado de CCR y CCV se analizó los días trabajables: se analizó la precipitación diaria anual para determinar los días que se trabajarán a medio jornal, además se consideró los feriados calendarios. Teniendo en cuenta los rendimientos de los equipos y mano de obra, se determinó el número de cuadrillas para la ejecución. Finalmente, se enumeró las actividades para el vaciado de concreto, los cuales permitieron calcular el tiempo y costo total de ejecución.

Según lo analizado y presentado en el capítulo 6, se obtiene lo siguiente:

Sistema	Inicio	Fin
Blondin	02/01/2014	22/09/2014
Tradicional	02/01/2014	06/03/2015

**Tabla 7.05.** Plazo de ejecución total (Fuente propia).

De acuerdo a los resultados de plazos, podemos encontrar una brecha de 5 meses y 14 días, lo cual viene a representar que el sistema tradicional emplea un 63% más del tiempo ejecutado por el sistema blondin.

Respecto al costo directo total de mano de obra y equipos para la ejecución del vaciado con cada sistema de manera independiente, analizado en el capítulo 6, se obtuvo lo siguiente:

	Sistema tradicional	Sistema blondin	Brecha
Costo directo total de mano de obra y equipos (USD)	15,545,833.16	11,499,827.93	4,046,005.23

**Tabla 7.06.** Costo directo total de mano de obra y equipos (Fuente propia).

Finalmente, respecto a los costos totales, el sistema tradicional tiene costo mayor por \$ 4'046,005.23, lo cual representa un 35% del costo total al usar el sistema blondin.

Se concluye que el sistema blondin genera mayor avance y menor costo, lo cual se refleja en el cumplimiento de los plazos establecidos y en mayor utilidad.

Se recomienda su uso en proyectos hidroeléctricos a futuro, considerando las recomendaciones detalladas a continuación.

## 7.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio preliminar para poder instalar el sistema blondin. Cabe señalar que el análisis y diseño de la parte móvil y fija depende de la topografía del lugar. Además, se deben identificar los riesgos y peligros que existen durante el proceso de construcción e instalación del sistema para evitar consecuencias graves.
- Es de suma importancia realizar mantenimientos periódicos al sistema para obtener un buen rendimiento del mismo en la actividad de vaciado de concreto y asegurar que el plan de actividades se cumpla de manera eficiente.
- Se debe realizar un análisis previo de la cantidad de agregado que puede procesar las plantas chancadoras y de la cantidad de concreto que se puede generar en la planta de concreto. Los cuales son importante para determinar la capacidad de la cubeta de vaciado y así evitar retrasos con la cantidad demandada de concreto por parte del blondin. Cabe señalar que para la CHCDA la planta de concreto tiene un rendimiento de 600 m<sup>3</sup>/hr, lo cual es mayor a lo solicitado por el blondin, es por ello que permitió realizar el vaciado con normalidad
- La elección del sistema de vaciados depende del plazo contractual y al posible uso del mismo en futuros proyectos. Es decir, si bien el costo de implementación del sistema blondin es relativamente alto, se tiene un costo residual, el cual dependerá si la empresa ejecutora tenga proyectos a futuro donde pueda implementar el sistema nuevamente o tenga un cliente que se lo vaya a comprar. Si las condiciones no son exigentes con el plazo, se opta por el uso del sistema tradicional, el cual garantiza el uso de los equipos en diferentes proyectos.
- El CCR es una tecnología poco investigada en nuestro país, sin embargo para la presente tesis no influye con el alcance del mismo.



**BIBLIOGRAFÍA**

- Arias, Juan & Arguedas, Ignacio. (2012). *Diseño y construcción de la presa en concreto compactado con rodillo (RCC) del Proyecto Hidroeléctrico Pirrís. Costa Rica*: Instituto Costarricense de Electricidad.
- BUREAU OF RECLAMATION. (1987). *Design of Small Dams*. (Tercera Edición). Washington: Bureau of Reclamation.
- Carte, Mariela. (2004). *Grúas torre*. (Tesis de Titulación). Universidad Austral de Chile, Chile.
- CAPECO-FTCCP. (S. f.). *Tabla de salarios y beneficios sociales pliego nacional 2014-2015*. Recuperado de <http://www.conafovicer.com/descargas/pdfs/0106201431052015.pdf>
- CONSORCIO RIO MANTARO (CRM-CHCDA). (2013). *Procedimientos ejecutivos para la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila – Conceptos instructivos*.
- División de edificaciones GyM. (2008). *Tips para cartas balance compuesta, criterios básicos para la mejora de procesos*. GyM Portal del Conocimiento.
- Galarza, Marco. (2011). *Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control*. (Tesis de Titulación). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Ghio, Virgilio. (2001). *Productividad en obras de construcción: Diagnóstico, crítica y propuesta*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- MINTRA. (S. f.). *Descansos en días feriados de Construcción Civil*. Recuperado de [http://www.mintra.gob.pe/mostrarTemaSNIL.php?\\_\\_page=2&codTema=32&tip=20](http://www.mintra.gob.pe/mostrarTemaSNIL.php?__page=2&codTema=32&tip=20)
- Pujol, Joan & Rondón, Silvana. (2012). *Informe de productividad de grúas Obra Pezet*. GyM Portal del Conocimiento.
- Serpell, Alfredo & Verbal, Rodrigo. (1990). *Análisis de operaciones mediante cartas de balance*. Revista Ingeniería de Construcción, N°9.