



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA LA MEJORA CONTINUA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

Orlando Ayala-Vilela, Victor Temoche-
Rosillo

Piura, noviembre de 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Ayala, O. y Temoche, V. (2017). *Metodologías y herramientas de gestión para la mejora continua de la productividad en la construcción* (Trabajo de Suficiencia Profesional de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**“Metodologías y herramientas de gestión para la mejora
continua de la productividad en la construcción”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de
Ingeniero Civil

**ORLANDO JAVIER AYALA VILELA
VICTOR ENRIQUE TEMOCHE ROSILLO**

Revisor: M.Sc. Jorge Timaná Rojas

Piura, Noviembre 2017

*A Dios, por sus infinitas bendiciones.
A nuestros padres, por su apoyo incondicional.*

PRÓLOGO

Actualmente existen muchos problemas que acarrear la industria de la construcción, uno de ellos es el no cumplimiento de plazos en el que las empresas se comprometen al ganar la “Buena Pro” de una determinada obra. Básicamente, esta problemática se genera debido a la falta del replanteo de la planificación inicial, donde se analizan el tren de actividades a ejecutar y los recursos que demandan dichas tareas. De esta manera, se introduce el concepto de productividad, donde se puede analizar en menor o mayor rango el desempeño óptimo de cada recurso, buscando obtener buenos resultados.

Este trabajo descriptivo nace con el motivo de difundir a las pequeñas y medianas empresas, las nuevas metodologías y herramientas de gestión que vienen utilizando las grandes empresas con la finalidad de obtener los resultados requeridos por el cliente en un tiempo establecido a base de la optimización de recursos que se utilizan durante su desarrollo.

RESUMEN

La planificación cumple dos propósitos principales en el desarrollo de proyectos: el protector y el afirmativo. El propósito protector consiste en minimizar el riesgo reduciendo la incertidumbre que rodea al mundo de la construcción; en otras palabras aumentando el porcentaje de cumplimiento de las actividades programadas en obra. El propósito afirmativo de la planificación consiste en elevar el nivel de éxito del proyecto y esto se logra mediante el seguimiento y control constante de la productividad.

Una de las metodologías implementadas en este informe es el Sistema *Last Planner* o Sistema del Último Planificador, el cual es un sistema de planificación, seguimiento y control que mejora sustancialmente la realización de las labores y la correcta utilización de recursos en los proyectos de construcción. Uno de los principios básicos que propone el sistema es el análisis de riesgos donde se examinan constantemente las actividades programadas que no pudieron realizarse y se proponen diversas acciones a tomar para su pronto cumplimiento. De esta manera, estamos logrando el propósito protector de la planificación.

Paralelamente, se debe analizar frecuentemente el desempeño de todos los recursos que se utilizan para la ejecución de las actividades tales como mano de obra, equipos, herramientas, materiales, etc. El análisis y control constante de la productividad permite optimizar la utilización de estos recursos en cada actividad planificada y de esta manera alcanzar con eficacia los objetivos del proyecto. Realizando este control frecuente, elevamos el nivel de éxito del proyecto mediante la optimización de procesos, por lo tanto se cumpliría con el propósito afirmativo de la planificación.

De acuerdo a lo antes mencionado, podemos decir que la verdadera competitividad en un proyecto de construcción se mide por su productividad y son las mejoras en esta, las que permiten una mayor prosperidad. Es por eso, que la finalidad de este informe descriptivo es exponer en conjunto metodologías y herramientas de gestión donde se da a conocer los principios básicos de control que actualmente se vienen utilizando en la industria de la construcción.

Índice general

	Página
Introducción.....	1
Capítulo 1: Experiencia Profesional.....	3
1.1 Experiencia profesional – Obrainsa.....	3
1.1.1 Antecedentes.....	3
1.1.2 Descripción general de experiencia.....	3
1.1.2.1 Explicación del cargo y funciones.....	4
1.1.2.2 Metodologías y herramientas de gestión implementadas.....	4
1.2 Experiencia profesional – Cosapi.....	4
1.2.1 Antecedentes.....	4
1.2.2 Descripción general de experiencia.....	5
1.2.2.1 Explicación del cargo y funciones.....	5
1.2.2.2 Objetivos y resultados obtenidos en las labores desempeñadas.....	6
Capítulo 2: Mejora Continua de la Productividad en la Industria de la	
Construcción.....	7
2.1 Productividad en la industria de la construcción.....	7
2.1.1 Índices de control de productividad.....	7
2.1.2 Tipos de productividad.....	8
2.2 Filosofía <i>Last Planner</i> (Sistema del Último Planificador).....	10
2.2.1 Marco teórico.....	10
2.2.2 Conceptualización de la filosofía <i>Last Planner</i>	12
2.2.3 Falencias existentes en la planificación tradicional.....	13
2.2.4 Metodología de implementación.....	13
2.2.5 Componentes del sistema <i>Last Planner</i>	15
2.3 Informe Semanal de Producción.....	22
2.3.1 Nivel de control.....	22
2.3.2 Nivel de detalle.....	23
2.3.3 Información requerida.....	23
2.3.4 Áreas que intervienen y flujo de información.....	23
2.3.5 Curvas de Productividad.....	25
2.3.6 Consolidación y reporte general de información.....	25
2.3.6.1 Procesos más incidentes.....	25
2.3.6.2 Estructuras más importantes del PMRT – Obras Civiles Área 01.....	28

2.3.7 Estudios de Productividad.....	35
Capítulo 3: Aporte y desarrollo de experiencias.....	41
3.1 Base teórica de experiencias desarrolladas.....	41
3.2 Aporte y desarrollo de experiencias.....	41
3.2.1 Proyecto Alto Piura.....	41
3.2.1.1 Desarrollo de experiencias.....	42
3.2.2 Proyecto Modernización de la Refinería de Talara.....	46
3.2.2.1 Desarrollo de experiencias.....	47
Conclusiones y recomendaciones.....	55
Bibliografía.....	57

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción siempre ha estado asociado a un mal desempeño. En general la percepción que se tiene de la construcción es la de un sector poco productivo y de calidad dudosa dada la baja especialización que poseen los trabajadores del sector. Muchos de los problemas que se generan son debido a una falta de planificación de las obras, ya que los problemas se van solucionando a medida que van apareciendo. Si bien es cierto hay inconvenientes que aparecen en forma inesperada, muchas de las veces se puede predecir los problemas más comunes que se pueden presentar durante la ejecución de las diferentes actividades.

Un buen sistema de planificación mejora en gran manera los inconvenientes presentes en los proyectos de construcción. Durante mucho tiempo se han aplicado métodos de planificación tradicionales, los cuales sin duda han sido de gran ayuda durante muchas décadas. En ellos está la esencia de la planificación como tal, por lo que no hay que olvidar nunca estos fundamentos. Sin embargo, los grandes cambios que han experimentado los proyectos de construcción han acarreado cambios en los métodos constructivos, lo cual es completamente esperable ya que con el desarrollo de nuevos avances tecnológicos se ha logrado modernizar bastante el sector. Estos cambios han acarreado nacimientos de nuevas filosofías de planificación como lo son la filosofía *Lean Production* y *Lean Construction*, que tratan de adaptarse de mejor manera a los cambios de la industria de la construcción, nunca es malo mejorar los sistemas aplicados, sin embargo, no se debe desechar los principios de la planificación tradicional sino más bien mejorarlos.

Asimismo, a partir de una buena planificación se deben utilizar las herramientas necesarias para el buen control de la productividad con el único fin de optimizar la cantidad de recursos que son utilizados en el desarrollo de las actividades de todo proyecto de construcción.

De esta manera, estaríamos logrando constantemente una mejora continua en la gestión de proyectos.

Capítulo 1

Experiencia Profesional

1.1 Experiencia profesional – OBRAINSA.

1.1.1 Antecedentes

Descripción general de la empresa

Obras de Ingeniería S.A (OBRAINSA) es una empresa constructora de infraestructuras en los sectores público y privado, y concesiones. A partir de una gestión eficiente y con los más altos estándares de calidad, planifica, diseña y construye grandes obras a lo largo del territorio nacional.

Misión

Elaborar proyectos de ingeniería y ejecutar obras de construcción que cumplan con los objetivos de nuestros clientes, asegurando una adecuada rentabilidad y contribuyendo de forma sostenida al progreso de nuestros trabajadores y de la comunidad.

Visión

Ofrecer las mejores soluciones de ingeniería y construcción del país.

1.1.2 Descripción general de la experiencia

- Cargo: Asistente de Planeamiento y Control de Proyecto.
- Período: 15 – Octubre – 2016 al 31 – Marzo – 2017
- Monto Aproximado: S/. 25'000,000.00
- Cliente: Consorcio Obrainsa – Astaldi.

OBRAINSA estuvo a cargo de la construcción de 50 km de carretera divididos de la siguiente manera:

1. Tramo I: Chamelico – Dv. Tunas. (26 km)
2. Tramo II: Dv. Tunas – Portal de Entrada. (7 km)
3. Tramo III: Pampas – Portal de Entrada (14 km)

El proyecto involucra trabajos como demolición de estructuras, extracción y procesamiento de material agregado, movimiento de tierras, colocación de la sub base y base del pavimento de material afirmado, señalización, ingeniería para la construcción (estudios geotécnicos) y finalmente la colocación de carpeta asfáltica (sólo tramo I). El contrato fue establecido en base a Precios Unitarios (CD+CI).

1.1.2.1 Explicación del cargo y funciones

Como Asistente de planeamiento y control de proyecto, apoyaba en la elaboración de informes semanales como:

1. Informe Semanal de Producción (ISP).
2. Informe de análisis de Valor Ganado.
3. Avance contractual de obra
4. Desarrollo del Sistema *Last Planner*.
5. Avance físico de obra (Curva S)

Informes mensuales de obra:

1. Resultado Operativo (RO)
2. Control y valorización de Equipos.
3. Valorizaciones a terceros.

1.1.2.2 Metodologías y herramientas de gestión implementadas

Como asistente de planeamiento, aprendí a implementar nuevas metodologías como lo es el *Last Planner* o Sistema del Último Planificador, el cual busca la optimización de procesos constructivos a corto y largo plazo, basado en la filosofía del *Lean Construction* como método de planificación, ejecución y control del proyecto.

Por otro lado, pude aprender a emitir nuevos informes como el Resultado Operativo (RO) cada mes, donde figuran datos muy importantes como el margen de ganancia o pérdida acorde a la evolución de obra, las metas del siguiente mes y sobretodo el porcentaje de avance de obra.

1.2 Experiencia profesional – OBRAINSA.

1.2.1 Antecedentes

Descripción general de la empresa

COSAPI S.A. es una empresa peruana que ofrece servicios de ingeniería y construcción, servicios mineros, negocios en concesiones de infraestructura, y desarrollos inmobiliarios, tanto en el sector privado como en el sector público. Ofrece a sus clientes servicios de alta calidad, integrando desde el inicio de ciclo de vida de los proyectos, equipos multidisciplinarios de ingeniería, procura y construcción.

Misión

Basada en personas con valores y conocimientos, tiene la misión de:

- Contribuir al éxito de nuestros clientes, desarrollando sus proyectos con calidad, seguridad, y dentro del plazo y presupuesto previstos.
- Promover el desarrollo personal y profesional de nuestra gente formando líderes cuyos logros trasciendan en la empresa y en la sociedad.
- Mantener un clima empresarial abierto y de confianza que fomente la innovación y la mejora continua.

- Integrar a socios y proveedores estratégicos para formar equipos de alto desempeño.
- Proveer un lugar de trabajo seguro y saludable, respetuoso del ambiente natural y de las comunidades que nos rodean.
- Generar utilidades para mantener la solidez financiera, impulsar el crecimiento y retribuir adecuadamente a nuestros accionistas.

Visión

Ser la empresa de ingeniería y construcción, sólida, innovadora y de clase mundial, reconocida como la mejor en los proyectos, mercados y emprendimientos donde participemos.

Cultura

COSAPI S.A. mantiene, desde su fundación, el compromiso de ser una empresa identificada con la ética y la integridad, brindando a sus clientes servicios con calidad. Por ello, considera que es vital que su gente se rija por una política de ética que determine los lineamientos objetivos de las conductas esperadas en toda la empresa.

1.2.2 Descripción general de la experiencia

- Cargo: Ingeniero Asistente de Control de Proyecto.
- Período: 26 – Octubre – 2015 al 31 – Diciembre – 2016
- Monto Aproximado: USD 45'000,000.00
- Cliente: Técnicas Reunidas S.A.C.

COSAPI S.A. en consorcio con JJC Grupo estuvo a cargo de la ejecución de las Obras Civiles del Área 01 (HTD, HTN/RCA, TGL/RG2, FCK y Cimentaciones de Tanques), las cuales involucran actividades de construcción de estructuras de concreto armado, movimiento de tierras, descabezado de pilotes y pavimentación de concreto del Área 01 del “Proyecto de Modernización de la Refinería de Talara”, de PETROPERÚ.

El contrato fue establecido en base a Precios Unitarios (solo coste directo); los costes indirectos, gastos generales y utilidad fueron establecidos en base a una partida a Suma Alzada.

1.2.2.1 Explicación del cargo y funciones:

Como Ingeniero Asistente de Control de Proyecto, apoyaba en la elaboración de informes semanales y mensuales como:

1. Informe Semanal de Producción (ISP).
2. Resumen Ejecutivo Semanal (RES).
3. Valorizaciones al cliente y de terceros.
4. Actualización y seguimiento del cronograma.
5. Avance físico de obra (Curva S)
6. Desarrollo del Sistema *Last Planner*
7. Informe mensual y final de Productividad

1.2.2.2 Objetivos y resultados obtenidos en las labores desempeñadas

A través del correcto análisis del Informe Semanal de Producción, herramienta de gestión empleada por el área de productividad y expuesta en el presente informe, se pudieron implementar procedimientos de mejora continua de desempeño en aquellos procesos constructivos más incidentes del proyecto. Se desarrollaron metodologías para el control y la optimización de recursos, consolidación de los rendimientos y documentación de la productividad real constructivos del proyecto.

Así mismo, el brindar soporte en la actualización y seguimiento del cronograma y ser partícipe de la implementación de la filosofía *Lean Construction*, me permitió tener un amplio panorama de las herramientas y metodologías de gestión utilizadas para la mejora continua en la industria de la construcción.

Capítulo 2

Mejora Continua de la Productividad en la Industria de la Construcción

2.1 Productividad en la industria de la construcción

La definición más simple de Productividad hace referencia a la eficiencia con que los recursos son utilizados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.

Matemáticamente puede ser expresado como la relación entre la cantidad producida (medido como m², m³, ml, kg, etc.) y los recursos empleados (Horas Hombre, Horas Máquina, cantidad de materiales, etc.)

$$Productividad = \frac{Producción}{Recursos\ empleados}$$

2.1.1 Índices de control de la Productividad

La productividad comprende tanto la eficiencia (utilización óptima de recursos) como la efectividad (cumplimiento de objetivos).

		Utilización de Recursos	
		Pobre	Buena
Logro de Metas	Alto	Efectivo pero Ineficiente	Eficiente y Efectivo ALTA PRODUCTIVIDAD
	Bajo	Ineficiente e Inefectivo	Eficiente pero Inefectivo

Figura 1. Relación existente entre Productividad, Eficiencia y Efectividad.

Fuente: Elaboración propia

La eficiencia: Se mide por la siguiente expresión matemática.

$$Eficiencia = \frac{Recurso\ estimado}{Recurso\ utilizado} \times 100$$

Para efectos de control, consideramos como recursos los costos unitarios estimados (Meta) y el costo unitario real respectivamente.

$$CPI = \frac{\text{Costo ganado}}{\text{Costo real}} \times 100$$

CPI: Cost Performance Index

La efectividad: Se mide por la siguiente expresión matemática.

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción planeada}} \times 100$$

Para efectos de control consideramos como producción los avances reales y los avances planeados (meta) respectivamente.

$$SPI = \frac{\text{Avance ganado}}{\text{Avance programado}} \times 100$$

SPI: Schedule Performance Index

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Recursos empleados}}$$

2.1.2 Tipos de Productividad

Los tipos de productividad que podemos identificar en la industria de la construcción se pueden clasificar en cuatro rubros:

A) Productividad de Mano de Obra.

La productividad de la mano de obra mide las cantidades producidas con relación a las Horas Hombre empleadas en una determinada actividad.

$$\text{Productividad MO} = \frac{\text{Producción}}{\text{HH empleadas}}$$

Ejemplos:

- Cantidad de HH por metro cúbico de concreto.
- Cantidad de HH por metro lineal de tubería instalada.
- Cantidad de HH por tonelada de estructura metálica montada.

Rendimiento de la Mano de Obra

El rendimiento, específicamente del recurso de la mano de obra se refiere a la cantidad de trabajo (medido como m³, m², etc.) que se obtiene cuando un grupo de personas capacitadas (una cuadrilla) completa una jornada de trabajo (8 horas). Este parámetro es muy variable y depende de numerosos factores como la edad del personal, su capacidad física, la habilidad natural y su experiencia, la ubicación geográfica de la obra, etc. Podemos entonces decir que rendimiento es inversamente proporcional al ratio de productividad:

$$\text{Rendimiento} = \frac{1}{\text{Productividad}} = \frac{\text{Recursos}}{\text{Producción}}$$

Existen rendimientos mínimos que se tienen como referencia y que han sido publicados para las provincias de Lima y Callao por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). Sin embargo, los mejores valores son los que el mismo constructor puede obtener estudiando a su personal y llevando un registro según las características de cada trabajo.

B) Productividad de Equipos.

Cuantifica la producción y las Hora Máquina que emplea cada equipo para realizar un determinado trabajo.

$$\text{Productividad EQ} = \frac{\text{Producción}}{\text{HM empleadas}}$$

Ejemplos:

- Volumen de excavación (m³) por HM de excavadora.
- Volumen de carguío (m³) por HM de cargador frontal.

C) Productividad de Materiales

La productividad de los materiales mide las cantidades producidas con relación al material utilizado para una determinada actividad.

$$\text{Productividad Mat} = \frac{\text{Unidades de construcción}}{\text{Cantidad de materiales}}$$

Ejemplos:

- Número de bolsas de cemento por m³ de concreto colocado.
- Número de ladrillos por m² de muro de albañilería confinado.
- Número de kg de acero por m² de losa de techo o sobre terreno.

D) Productividad total de los factores

Cuantifica el costo de la mano de obra, de los equipos y de los materiales invertidos para realizar una determinada unidad de producción.

$$\text{Rendimiento T. Factores} = \frac{\text{Costo (MO + EQ + MAT)}}{\text{Producción}}$$

Ejemplos:

- Costo (S/. o \$) por m³ de concreto colocado.
- Costo (S/. o \$) por ml de tubería instalada.
- Costo (S/. o \$) por m² de imprimación de base.

2.2 Filosofía *Last Planner* (Sistema del Último Planificador)

2.2.1 Marco Teórico

Para poder entender el sistema Último Planificador primero explicaremos los principios de las metodologías usadas antes del desarrollo de este sistema. Estas metodologías son:

- ✓ Planificación Tradicional
- ✓ *Lean Production*
- ✓ *Lean Construction*

Planificación Tradicional

El método de planificación tradicional se basa en el concepto de transformación. La actividad se realiza de acuerdo a lo planificado en el plan maestro del proyecto y de acuerdo a los recursos que se le asignan inicialmente.



Figura 2. Línea base de la planificación tradicional.
Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

Lean Production (Producción sin pérdidas)

Es un sistema de producción que se desarrolló principalmente para empresas manufactureras y buscó producir a bajos costos pequeñas cantidades de productos variados bajo la teoría del desperdicio cero y mejora continua. Este sistema clasificaba las actividades en dos tipos: las que agregan valor al producto y las que no agregan valor al producto. Ambos consumen recursos, tiempo y espacio; pero difieren en que las que agregan valor al producto convierten material o información hacia lo que es requerido por el cliente y las que no agregan valor no lo hacen.

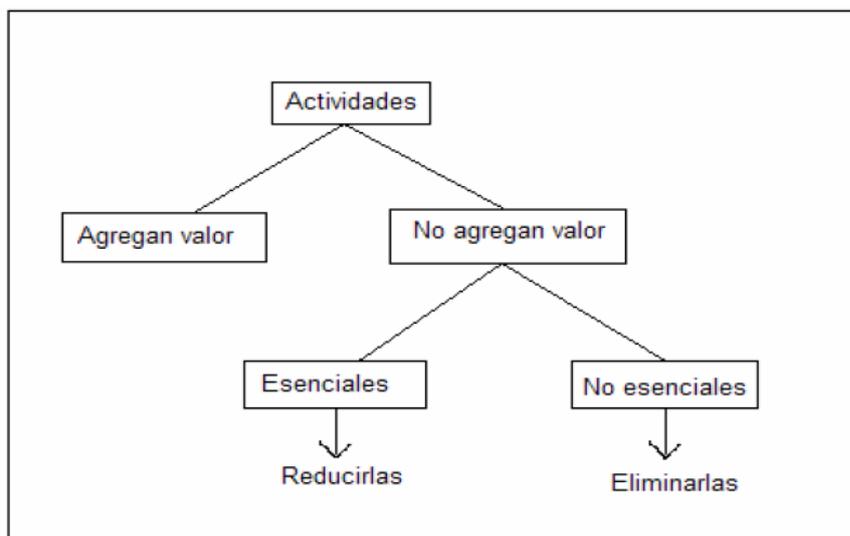


Figura 3. Clasificación de actividades según la filosofía *Lean Production*.

Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

La esencia del sistema es eliminar o reducir al máximo cualquier elemento que no utilice lo mínimo absolutamente necesario de recursos, tiempo, espacios y esfuerzos para agregar valor al producto.

Si nos damos cuenta, hablamos de reducir las actividades que no agregan valor al producto, pero ¿por qué no eliminarlas? Esto se debe a la teoría de flujos.

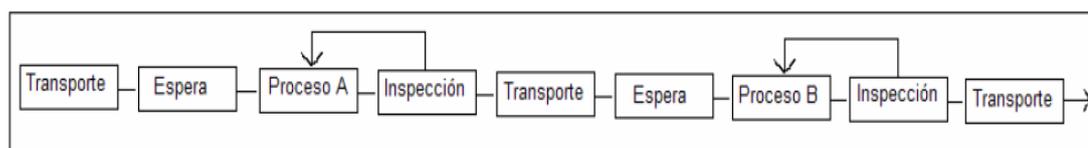


Figura 4. Flujo típico de actividades.

Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

Como podemos ver en la imagen referida a un simple flujo de una actividad, el sistema *Lean Production* evalúa todas las actividades necesarias de inicio a fin para la obtención final del producto requerido por el cliente. En este esquema, nos damos cuenta que las actividades que agregan valor son los “Procesos” y las actividades que no agregan valor son el transporte, espera, inspección, etc. Sin embargo, a pesar que no agregan valor al producto son necesarias para la fabricación de éste.

En conclusión, el sistema descrito en este acápite busca reducir y/o optimizar actividades que no agregan valor al producto pero que son necesarias para la fabricación de estos.

Lean Construction (Construcción sin pérdidas)

El sistema *Lean Production* ha dado origen a una adaptación en la construcción, el nuevo modelo denominado *Lean Construction*.

En los proyectos de construcción existe mucha más variabilidad debido a que cada obra se desarrolla en ámbitos y condiciones distintas. Si bien las pérdidas en la construcción y en la industria tienen orígenes distintos, se había tratado de evitarlas

usando el mismo principio: mantener una intensa presión en cada actividad, porque la reducción del costo y la duración de cada etapa es la clave de la mejora.

En el sector constructivo podremos ver que del total del tiempo en teoría trabajado hay un gran porcentaje que se ocupa en actividades que no contribuyen a terminar la tarea encomendada. Este aspecto es mucho más influyente que en la industria manufacturera ya que en los proyectos de construcción el factor humano es mayor y los trabajadores muchas veces evaden ciertas actividades, como ocurre a veces en los trabajos realizados por una subcontrata.

Es por esto que el sistema en mención ayuda a mejorar el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre actividades. Es una nueva forma de administración de producción aplicada a la construcción, cuyas características esenciales son tener un sistema claro de objetivos para maximizar la satisfacción del cliente, usando un sistema de control desde el diseño hasta la entrega del producto.

2.2.2 Conceptualización de la Filosofía *Last Planner* - Sistema del Último Planificador (SUP)

Herman Gleen Ballard y Gregory A. Howell desarrollaron este Sistema de planificación y control de proyectos llamado "*Last Planner*".

Según los autores, los principales obstáculos presentes en la construcción son:

1. La planificación no se concibe como un sistema, sino que descansa plenamente en la experiencia profesional a cargo de la programación.
2. La gestión se enfoca en el corto plazo, descuidando el largo plazo.
3. No medimos el desempeño obtenido.
4. No se analizan los errores en la planificación ni las causas de su ocurrencia.

Como mencionamos anteriormente, este sistema considera lo que se debe y lo que se puede hacer y a partir de eso se determina lo que se hará.



Figura 5. Teoría de conjuntos Sistema Último Planificador.

Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

Asignando recursos a lo que debemos hacer estamos privilegiando la producción, por el contrario, si asignamos recursos a lo que podemos hacer estamos privilegiando la productividad. La producción se mide por el cumplimiento de las tareas programadas en un día, y la productividad depende del factor humano donde podemos ver que tan eficiente es nuestro personal a cargo.

Esta es la base de control que plantea el sistema del último planificador, ya que una baja producción no necesariamente garantiza una baja productividad, por el contrario, una baja productividad si garantiza una baja producción.

2.2.3 Falencias existentes en la Planificación Tradicional

Como mencionamos anteriormente, el método de planificación tradicional simplemente está basado en el cumplimiento de una programación maestra inicial la cual involucra distintos recursos, espacio y tiempo por cada actividad a ejecutar.

Sin embargo, no considera que hay actividades que no podrán ser realizadas aunque estén programadas debido a que puede faltar algún requisito previo que impida su ejecución en la fecha de inicio programada. Entonces aquí empieza el problema, ya que si consideramos en nuestro plan inicial actividades que no van a poder ser ejecutadas en su momento se generará un retraso en toda la cadena productiva, además de consumir recursos innecesarios en actividades que no se llevarán a cabo.

Podemos darnos cuenta que si asignamos recursos a lo que debemos hacer, estamos cayendo en el error mencionado líneas arriba; es por esto que lo que hay que hacer es asignar recursos a lo que podemos ejecutar.

Esto es lo que propone la metodología *Last Planner*, considerar lo que se debe y lo que se puede hacer y en función de eso determinar lo que se hará. Esta es la base del sistema del último planificador.

2.2.4 Metodología de Implementación

Reunión de conocimiento del grupo de trabajo

Esta reunión se da con el fin de conocer a todo el grupo de trabajo y dar una breve explicación acerca del sistema, cómo se implementa, qué indicadores se medirán y que resultado se esperan obtener.

Es importante que todas las áreas del proyecto como gerencia, producción, administración, RR.HH, etc., estén presentes ya que los puntos que se tocarán con más énfasis serán el análisis de riesgos y las restricciones de cada actividad a ejecutar. En primer lugar, se exponen los trabajos que posiblemente se van a realizar y cada área expone lo que se va a necesitar para cumplirlo como materiales, mano de obra, equipos, herramientas y también el tema técnico en sí. De esta manera, con la necesidad de los recursos, tareas, etc., que se requieran para cada actividad, se hace el listado de restricciones encomendadas a cada área que deberán ser liberadas en la fecha acordada para que las actividades puedan ser realizadas sin inconvenientes al momento de su ejecución.

Asimismo, existirán actividades que no podrán ser realizadas debido a diversos factores técnicos o que no se especifican claramente y por lo tanto deberán ser primero conciliados con supervisión y la entidad correspondiente.

Con todos estos temas acordados, se realiza un acta donde se puede apreciar todos los puntos tratados en la reunión.

Desarrollo de la Planificación Intermedia

Posteriormente al análisis de los trabajos ejecutables, se procede a realizar la planificación intermedia que básicamente busca tener un horizonte de planificación mayor a una semana con el objetivo de adelantarnos a los problemas que se puedan presentar al momento de llevar a cabo una actividad. Generalmente el intervalo establecido en los proyectos es de 5 semanas.

Con la P.I. ya realizada, será necesario revisar semanalmente los siguientes puntos:

1. Aumento en una semana de nuestro horizonte de trabajo.
2. Revisión del estado de restricciones de cada actividad.
3. De ser necesario, incorporar actividades que inicialmente no fueron programadas pero dadas las circunstancias se pueden realizar.
4. Informar personalmente y vía e-mail sobre el estado de las restricciones iniciales y/o nuevas que surjan.
5. Identificar las restricciones próximas (semana entrante) que deberán ser liberadas.

El área de planeamiento y control se encargará de hacer seguimiento diario al levantamiento de restricciones de cada área para su pronto cumplimiento.

Reunión de planificación semanal

Generalmente esta reunión se lleva a cabo los días martes donde los puntos a tratar eran los siguientes:

1. Revisión del acta de la anterior reunión.
2. Revisión del cumplimiento de restricciones.
3. Revisión del PAC (Porcentaje de Asignaciones Completadas)
4. Comentarios acerca de las CNC (Causas de No Cumplimiento)
5. Comentarios acerca de las posibles soluciones o mejoras – “Tomar acción”
6. Revisión y definición del trabajo semanal entrante (planificación intermedia)
7. Comentarios acerca de los temas ocurridos en la semana, eventos fortuitos o emergencias que se hayan presenciado.

Como podemos observar, esta reunión es de carácter obligatorio todas las semanas debido a que se revisan los hechos ocurridos la semana anterior y se plantean soluciones adecuadas con todas las áreas del proyecto. Además, todo el personal es partícipe para generar la nueva programación semanal y asimismo proponer cambios en ella generando un compromiso por parte de todos.

Indicadores a medir

Estos indicadores reflejan la evolución de la obra y por lo tanto deben ser medidos cada semana y son el PAC y las CNC.

Con el PAC y las CNC identificadas, podemos dar solución a los problemas que se presentaron en semanas anteriores, y de esta manera estar más alertas a lo que puede suceder, en otras palabras, prever los cambios en conjunto con todas las áreas involucradas.

Cabe destacar que las actividades que no se pudieron cumplir deberán ser reprogramadas y no dejarlas de lado.

2.2.5 Componentes del sistema Last Planner

A continuación se detallará los elementos que conforman el sistema “Último Planificador”:

Programa Maestro

Es la programación del proyecto que se desarrolla según los objetivos planteados inicialmente. Generalmente es la programación presente en los expedientes técnicos de cada proyecto de construcción. (Programación Gannt y/o Programación Pert)

En la experiencia laboral adquirida, esta programación también se manejaba representativamente mediante la gráfica “Tiempo-Camino”.

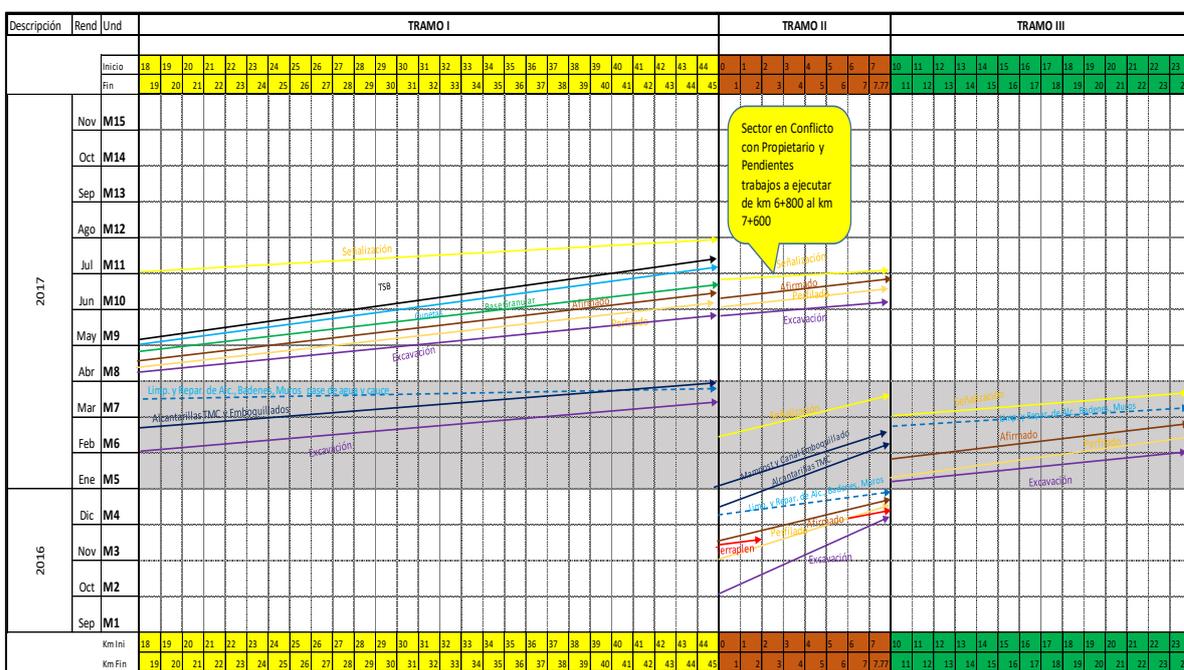


Figura 6. Evolución del proyecto mediante la gráfica “Tiempo-Camino”
Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

Planificación Mensual

Es una planificación que nos da una primera idea de qué actividades tendrán que ser ejecutadas durante el transcurso del mes. Generalmente, esta programación la

realiza el área de Planeamiento y Control conjuntamente con el área de Producción y la Gerencia de Obra; donde analizan en primera instancia que actividades están próximas a ejecutarse y cuáles podrán al final ser realizadas en base a la disponibilidad de recursos (equipos, mano de obra, materiales, subcontratas, etc.) que se disponga. Por otro lado, cabe resaltar que también lo planificado va de la mano con los gastos generales que demandan la realización de estas actividades generando así un buen balance.

En base a esto se programan distintos porcentajes de avance para cada partida del presupuesto y de esta manera se llega a tener en costo y avance físico, la meta mensual.

Esta programación es la base para que el área de Producción realice la “Planificación Intermedia”, donde veremos detalladamente la programación de avance diario de cada actividad a ejecutar.

EDC	ITEM	DESCRIPCIÓN PARTIDA	UND.	MES 07 mar-17			SEMANA 1			SEMANA 2			SEMANA 3			SEMANA 4		
				Metrado	Parc.	%	Metrado	Parc.	%	Metrado	Parc.	%	Metrado	Parc.	%	Metrado	Parc.	%
		TRAMO 2 DV TUNAS - PORTAL DE SALIDA		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
	800	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	801.A	PANEL DE SEÑAL PREVENTIVA (0.60 m X 0.60 m)	U	63.00	15,097.3	81.8%	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		63.00	15,097.3	
08	802.I	PANEL DE SEÑAL REGLAMENTARIA (0.60 m X 0.90 m)	U	17.00	7,035.1	100.0%	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		17.00	7,035.1	
08	803.A	PANELES DE SEÑALES INFORMATIVAS	M2	4.92	2,920.7	100.0%	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		4.92	2,920.7	
08	804.A	POSTES DE SOPORTE DE SEÑAL PREVENTIVA-REGLAMENTARIA-INFAL	U	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	804.B	POSTE DE SOPORTE DE SEÑAL INFORMATIVA	M	31.80	7,877.8	100.0%	0.00	0.0		31.80	7,877.8	100.0%	0.00	0.0		0.00	0.0	
08	804.D	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE SEÑALES TIPO E-1 (PORTICO)	U	3.00	3,544.3	50.0%	0.00	0.0		3.00	3,544.3	100.0%	0.00	0.0		0.00	0.0	
08	805.A	POSTES DELINEADORES	U	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	805.C	POSTES DELINEADORES SOBRE ESTRUCTURAS DE CONCRETO	U	4.00	323.2	8.0%	0.00	0.0		4.00	323.2	100.0%	0.00	0.0		0.00	0.0	
08	822.A	BARRERA DE SEGURIDAD VIAL	M	515.00	170,027.3	50.0%	51.50	17,002.7	10%	154.50	51,008.2	30%	154.50	51,008.2	90%	154.50	51,008.2	
08	830.A	POSTES DE KILOMETRAJE	U	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	835.A	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	U	2.00	427.0	100.0%	0.00	0.0		2.00	427.0	100.0%	0.00	0.0		0.00	0.0	
08	840.A	PINTADO DE PARAMENTOS DE MUROS Y ALCANTARILLAS	M2	42.15	2,993.9	80.4%	0.00	0.0		42.15	2,993.9	100.0%	0.00	0.0		0.00	0.0	
		TRAMO 3 PAMPAS - PORTAL DE ENTRADA		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
	800	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	801.A	PANEL DE SEÑAL PREVENTIVA (0.60 m X 0.60 m)	U	17.00	4,073.9	100%	0.00	0.0		17.00	4,073.9	100%	0.00	0.0		0.00	0.0	
08	802.I	PANEL DE SEÑAL REGLAMENTARIA (0.60 m X 0.90 m)	U	13.00	5,379.8	100%	0.00	0.0		13.00	5,379.8	100%	0.00	0.0		0.00	0.0	
08	803.A	PANELES DE SEÑALES INFORMATIVAS	M2	2.35	1,395.0	100%	0.00	0.0		2.35	1,395.0	100%	0.00	0.0		0.00	0.0	
08	804.A	POSTES DE SOPORTE DE SEÑAL PREVENTIVA-REGLAMENTARIA-INFAL	U	9.00	2,187.6	100%	9.00	2,187.6	100%	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	804.B	POSTE DE SOPORTE DE SEÑAL INFORMATIVA	M	19.40	4,806.0	100%	19.40	4,806.0	100%	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	804.D	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE SEÑALES TIPO E-1 (PORTICO)	U	4.00	4,725.5	100%	4.00	4,725.5	100%	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	805.A	POSTES DELINEADORES	U	182.10	24,701.9	100%	182.10	24,701.9	100%	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	805.C	POSTES DELINEADORES SOBRE ESTRUCTURAS DE CONCRETO	U	139.00	1,994.7	100%	139.00	1,994.7	100%	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	830.A	POSTES DE KILOMETRAJE	U	4.20	582.5	100%	4.20	582.5	100%	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0	
08	840.A	PINTADO DE PARAMENTOS DE MUROS Y ALCANTARILLAS	M2	21.55	1,530.7	100%	0.00	0.0		21.55	1,530.7	100%	0.00	0.0		0.00	0.0	

Figura 7. Programación mensual de actividades.

Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

Planificación Intermedia

La principal función de la planificación intermedia es el control del flujo de trabajo, donde se busca tener una mejor secuencia de actividades y de esta manera evitar los tiempos ociosos de las unidades de producción.

Se debe determinar el intervalo de tiempo que abarcará la planificación intermedia, la cual generalmente se realiza de 4 a 12 semanas y para determinar este intervalo es necesaria evaluar las condiciones del proyecto y/o restricciones de las cuales hablaremos en el siguiente ítem.

Para un proyecto normal se recomienda realizar la P.I en un intervalo de tiempo de 5 a 6 semanas. Esta programación se irá modificando cada semana que pase, debido a que en cada semana se presentan diferentes sucesos los cuales si no se liberan inmediatamente no se podrán llevar a cabo en las semanas entrantes y por lo tanto estaríamos gastando recursos, espacio y tiempo en actividades innecesarias.

La mayoría de las veces esta información la brinda el área de Producción, donde se detalla el rendimiento diario que se tendrá en cada actividad para cumplir con lo

programado en la meta mensual. Si bien es cierto con la planificación mensual ya tenemos una idea de lo que se puede hacer, en la P.I podemos tener más a detalle las actividades que se ejecutarán ya que debido a las condiciones presentes en campo o alguna emergencia, las actividades pueden ser reprogramadas para las siguientes semanas viendo la manera siempre de mantener un margen positivo con respecto a lo planificado.

Item	Descripción de la Actividad	Und	P.U Oferta	P.U Compromiso	Metrado Total	SEMANA 6							Metrado Semanal	Monto Oferta	Monto Compromiso	
						L	M	M	J	V	S	D				
						06	07	08	09	10	11	12				
	TRAMO 3 PAMPAS - PORTAL DE ENTRADA															
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS															
205	EXCAVACIONES EN ROCA, MATERIAL SUELTO															
	10+524 24+125	M3	3.38	3.38	10,815											
208	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE															
	10+524 24+125	M2	1.34	1.52	5,461	304	304	304	304	304	101		1,621.79	2,173.20	2,465.12	
300.A	AFIRMADO															
	Extracción de Material p/afirmado	M3	12.07	10.98	9,313	500	500	500	413				1,913.00	23,089.91	21,004.74	
DIA	Procesamiento de Material p/afirmado	M3	10.16	9.24	3,501	250	250	250	200				950.00	9,652.00	8,778.00	
NOCHE	Procesamiento de Material p/afirmado	M3	10.16	9.24	3,501	250	250	250	200				950.00	9,652.00	8,778.00	
	Conformación de Afirmado	M3	16.19	14.73	5,386	300	300	300	300	300	100		1,600.00	25,904.00	23,568.00	

Figura 8. Programación semanal presente en la P.I

Fuente: MGP – Obrainasa, 2016.

Análisis de Restricciones

Una vez definido mi plan de trabajo mensual y semanal (Planificación mensual y P.I.) se deberá identificar qué factores impiden que mis actividades programadas puedan ser realizadas. Estos factores llevarán el nombre de “restricciones”.

Las restricciones más comunes en la construcción son:

- **Diseño:** Involucra la falta de aprobación de especificaciones técnicas, planos o factores de la ingeniería que se obviaron en primera instancia. Esto deberá ser regularizado para su aprobación con la supervisión y/o entidad a cargo del proyecto.
- **Mano de Obra:** Para nuestras actividades programadas se tendrá que contar con el personal necesario y disponible para la ejecución de las mismas. En caso de actividades subcontratadas, se debe controlar las cuadrillas en campo midiendo de esta manera el avance diario y en caso de obtener rendimientos bajos debido a la falta de mano de obra, advertir al subcontratista sobre el problema para que tome cartas en el asunto.
- **Materiales:** Se deberá tener el suministro de material necesario para ejecutar nuestras actividades planificadas. Estos materiales debemos tenerlos en stock antes del inicio de trabajos y de esta manera no tendremos inconvenientes. Por otro lado, se deberá contar con una “caja chica” que nos permita comprar materiales en caso de emergencia, ya sea por problemas sociales o eventos fortuitos que se presente durante el desarrollo de nuestras actividades.
- **Equipos y herramientas:** Contar con los equipos y herramientas necesarias para realizar las actividades en el momento indicado.

- **Afiliación:** Se refiere a las condiciones que se deben cumplir para poder iniciar las actividades planificadas. Básicamente son requisitos de afiliación de recursos como equipos, mano de obra, materiales, etc. Estos recursos deberán cumplir con el control de calidad que será evaluado por la empresa.

Todas estas restricciones en conjunto deberán ser identificadas y liberadas a la brevedad con la participación de todas las áreas presentes en el proyecto para que no haya impedimentos en el inicio de los trabajos programados.

Descripción de la Actividad	Detalle de las Restricciones	Fecha Determinación de Restricción	Fecha Programada de Liberación	Fecha Reprogramada de Liberación	STATUS	Responsable	
						Profesional	Área
TRAMO I							
General	1- Ajuste de trazo del km 28+000 al km 44+000		09-ene-17	18-ene-17	LEVANTADA	FERNANDO RAMOS	OFICINA TECNICA
	2- Tener DMEs definidos, aprobados y debidamente señalizados		28-ene-17		LEVANTADA	FERNANDO RAMOS	OFICINA TECNICA
Excavaciones	1- Definir niveles de cortes en campo.		25-ene-17	31-ene-17	LEVANTADA	FERNANDO RAMOS	OFICINA TECNICA
	2- Mover excavadora, volquetes y cargador del Tramo III al Tramo I		25-ene-17	31-ene-17	LEVANTADA	GUILERMO GONZALES	EQUIPOS
Obras de Arte	1- Definir subcontratista		15-feb-17		EN PROCESO	MGJEL CANTURIN	GERENCIA DE OBRA
	2- Estructuras diseñadas, aprobadas y liberadas por supervisión (km 18+000 - km 28+000)		13-ene-17	21-ene-17	LEVANTADA	FERNANDO RAMOS	OFICINA TECNICA
	3- Estructuras diseñadas, aprobadas y liberadas por supervisión (km 28+000 - km 43+519)		31-ene-17	15-feb-17	EN PROCESO	FERNANDO RAMOS	OFICINA TECNICA
	4- Liberación de la nueva Cantera Serrán				POR DEFINIR	MGJEL CANTURIN	GERENCIA DE OBRA

Figura 9. Status de restricciones semanales.

Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

La medición del porcentaje de actividades completadas es un buen indicador de la calidad de nuestras asignaciones y es medido de la siguiente manera:

$$PAC (\%) = \frac{\# \text{ de actividades completadas}}{\text{Total de actividades programadas}}$$

Con base en este indicador, procedemos a identificar que actividades programadas no fueron ejecutadas para determinar las causas que no permitieron su realización; en otras palabras las causas de no cumplimiento. Identificando estas causas de no cumplimiento podemos implementar soluciones y de esta manera generar mejoras en el sistema.

Este análisis de cumplimiento de actividades se realiza semanalmente y a la par se lleva un control de las CNC (causas de no cumplimiento) acumuladas; esto con el fin de ver qué CNC se refleja frecuentemente e influye en el PAC. Si nos damos cuenta, con el análisis semanal de este indicador controlamos y podemos solucionar los problemas que se presenten en el corto plazo y con el análisis acumulado del mismo podemos controlar y hasta cierto punto prever soluciones adecuadas para los posibles inconvenientes de los trabajos futuros; en otras palabras los inconvenientes a largo plazo. Entonces, podemos decir que con este indicador se realiza un buen análisis de riesgos que es una de las bases más importantes del sistema último planificador ya que se tiene en cuenta el corto plazo, sin descuidar el largo plazo.

Dentro de las principales causas de no cumplimiento que se presentaron en el proyecto se encuentran las siguientes:

ITEM	DETALLE CAUSA DE NO CUMPLIMIENTO	TIPO CAUSA NO CUMPLIMIENTO
1	Problemas de no calidad	QA/QC
2	Falta prueba o ensayo	QA/QC
3	Indefinición de diseño	Cliente
4	Interferencias en campo	Cliente
5	Error en diseño	Cliente
6	Incumplimiento compromisos contractuales	Cliente
7	Falla de equipos	Equipos
8	Mantenimiento no programado de equipos	Equipos
9	Paralizaciones	Externo
10	Marchas sindicales	Externo
11	Exceso de lluvias	Externo
12	Falta de Potencia en Cantera	Externo
13	Causas sociales	Externo
14	Falta de permisos o licencias	Administración
15	Falta de personal	Administración
16	Incongruencia de planos con campo	Ingeniería
17	Ineficiencia de topografía	Ingeniería
18	Falta de planos para construcción	Ingeniería
19	Falta de Equipos	Equipos
20	Falta de materiales	Logística
21	Falta de subcontratista	Logística
22	Error en la planificación por rendimiento	Producción
23	Error en la planificación por mal análisis de restricciones	Producción
24	Condiciones Inseguras	Seguridad
25	Accidentes	Seguridad
26	Problemas con subcontratista	Subcontrato
27	Falta de coordinación gerencial	Gerencia

Figura 10. Principales causas de no cumplimiento de actividades.
Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

Como podemos ver en el cuadro adjunto, los detalles de las CNC son los motivos por los que una actividad no puede ser realizada y el tipo de CNC corresponde al área responsable que tiene a cargo la actividad que no se pudo ejecutar.

De acuerdo a los resultados semanales y acumulados que obtendríamos, nos daríamos cuenta de que detalle y tipo de CNC influye frecuentemente y poder tomar acción para dar solución al problema. Esto se puede representar gráficamente de la siguiente manera:

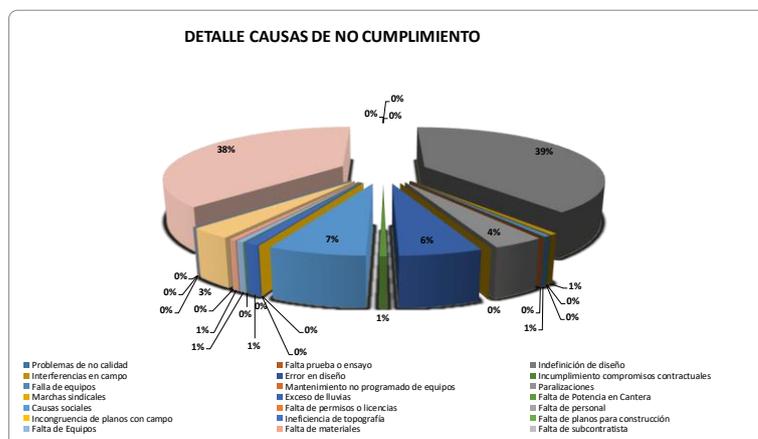


Figura N° 11: Gráficas estadísticas de las causas de no cumplimiento.
Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

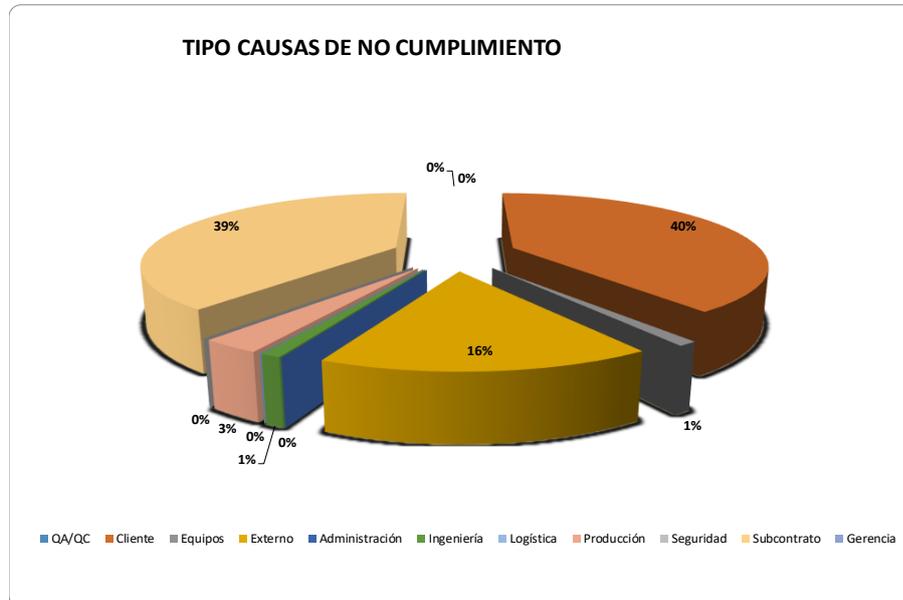


Figura 12. Gráficas estadísticas de los tipos de causas no cumplimiento.
Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

Trazabilidad semanal del porcentaje de asignaciones completadas

La trazabilidad es un indicador que deriva de las causas de no cumplimiento, donde se representa gráficamente el PAC semanal, acumulado y meta del proyecto en curso. Este indicador mide la confiabilidad con la que programamos nuestras actividades y nos da un enfoque más general del desarrollo de nuestra planificación.

El PAC meta que se usa generalmente en todo proyecto es del 85% debido a algunas razones como:

1. Un PAC debajo del 50% significa que existen actividades dentro de nuestra programación las cuales aún no están liberadas o, mejor dicho, presentan algunas restricciones que aún no se levantan.
2. Asimismo, un PAC completo al 100% nos puede dar a entender que quizá estemos usando mucho más recursos y tiempo de los que demanda la realización de nuestras actividades.
3. También, por otro lado, un PAC al 100% nos puede dar a entender que los rendimientos que estamos considerando para cada actividad no son los óptimos para la cantidad de recursos como mano de obra, equipos, herramientas, etc., que estamos empleando.

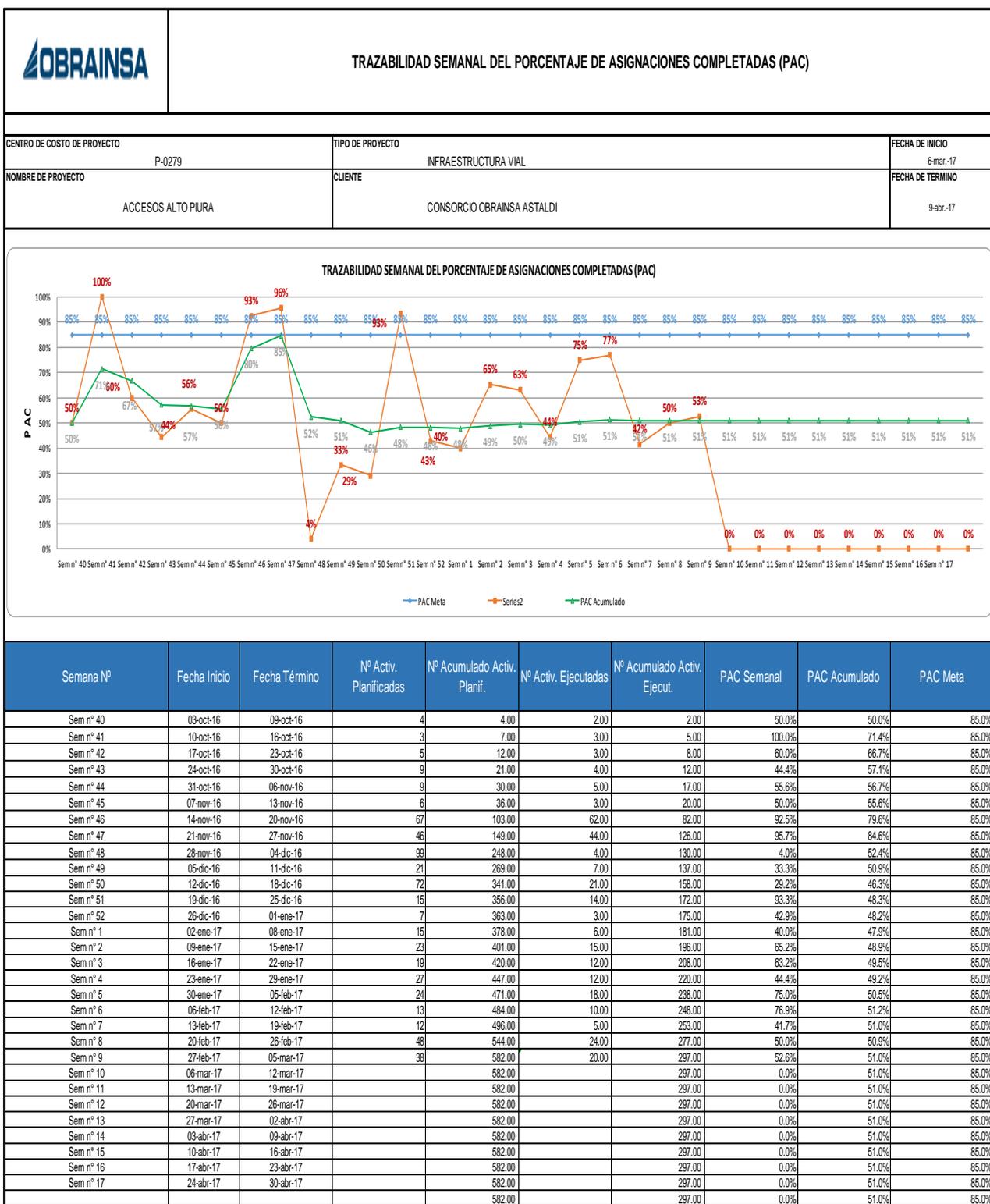


Figura 13. Evolución semanal del porcentaje de asignaciones completadas.
Fuente: MGP – Obrainsa, 2016.

2.3 Informe Semanal de Producción

Como parte de la implementación del sistema *Lean Construction*, a lo largo de los proyectos desarrollados en ambas empresas se desarrolló el Informe Semanal de Producción o también conocido como I.S.P.

El Informe Semanal de Producción (I.S.P.) es una herramienta de gestión utilizada para dar seguimiento y control al desempeño de los procesos constructivos generales o fases directas de un proyecto. Es el documento que consolida los avances y a la vez controla la eficiencia y/o rendimiento de los recursos más críticos empleados en aquellos procesos que son claves y de valor para el cliente y la empresa contratista.

El ISP le permite al Equipo del Proyecto (EDP):

- Diagnosticar el estado actual del proyecto.
- Analizar el nivel de desempeño de forma semanal.
- Identificar de forma oportuna problemas de productividad, de avance o bajos rendimientos.
- Establecer e implementar planes de mejora y acciones correctivas en los procesos constructivos que presentan desviaciones negativas respecto a los objetivos de desempeño.
- Proyectar la duración y los recursos necesarios para la culminación del proyecto.
- Retroalimentar los ratios de productividad y/o rendimientos del área de presupuestos de la empresa para futuros proyectos.

2.3.1 Nivel de Control

Para medir la productividad y/o rendimiento de los procesos constructivos en un proyecto, el Equipo de Dirección debe definir cómo se van a controlar los recursos: a nivel de cantidades o costos. Esto va a depender del tipo y de las necesidades del proyecto.

En el Proyecto de Modernización de la Refinería de Talara (PMRT) – Obras Civiles Área 01, al tratarse de un proyecto de Plantas Industriales, donde la mano de obra es el recurso más incidente, se decidió llevar el control a nivel de cantidad de horas hombre (HH). En consecuencia, el rendimiento de un proceso se expresará en HH/und. Para registro de las horas trabajadas por el personal obrero es realizado por el personal de campo, a través de los partes diarios de personal.

En el caso de proyectos de Infraestructura, donde la mano de obra ya no es el recurso más incidente si no los equipos de producción directa y/o algunos materiales, lo recomendable es llevar el control a nivel de costo (S/., US\$ u otra moneda). En consecuencia, el rendimiento de un proceso se expresará en S/./und o US\$/und.

Adicionalmente es posible expresar la productividad de un proceso en función de la cantidad de horas máquina (HM) consumidas por un determinado equipo de producción directa. De esta manera la productividad se expresará en und/HM.

2.3.2 Nivel de Detalle

El EDP es responsable de definir al inicio del proyecto, los procesos constructivos que serán controlados a través del ISP, De este modo las horas registradas en los partes diarios de personal son asignados mediante el faseo a los procesos constructivos correspondientes. Esta información de los partes diarios de personal debe ser procesada y reportada diaria y/o semanalmente por el área de Administración, para la elaboración del ISP.

2.3.3 Información requerida:

La información requerida para elaborar el I.S.P. comprende: recursos utilizados, producción (programado y real) y rendimiento previsto por cada proceso constructivo, de acuerdo a lo establecido por el Equipo de Dirección del Proyecto.

Recursos utilizados por proceso

Tal cómo se mencionó anteriormente el EDP es el responsable de definir el nivel de control y de detalle con el que se contralarán el ISP. En el PMRT, se controló a nivel de HH y respetando el plan de fases en todas su revisiones.

Producción programada por proceso

Se obtiene descomponiendo la información de la programación (cronograma) por cada uno de los procesos del ISP. Los procesos a controlar del ISP deben guardar relación con la “Curva S” del proyecto.

Producción o avance real por proceso.

Se obtiene preliminarmente a través de los reportes diarios de producción y deben confirmarse cuando se cierran los metrados de cada valorización.

Rendimientos previstos por proceso

Se obtiene a partir de la producción total prevista y la cantidad total de recursos directos (HH o costo) previstos para cada uno de los procesos del ISP. Los rendimientos del presupuesto deben validarse de acuerdo a las condiciones reales de ejecución.

Rendimiento real por proceso.

Se obtiene a partir de la producción o avance real y la cantidad de recursos reales de cada uno de los procesos del ISP. Los rendimientos pueden ser semanales o acumulados.

2.3.4 Áreas que Intervienen y Flujo de Información

Las áreas que intervienen en la generación de información para la elaboración del ISP son: Producción, Administración de Obra, Almacén, Oficina Técnica y Control de Proyectos.

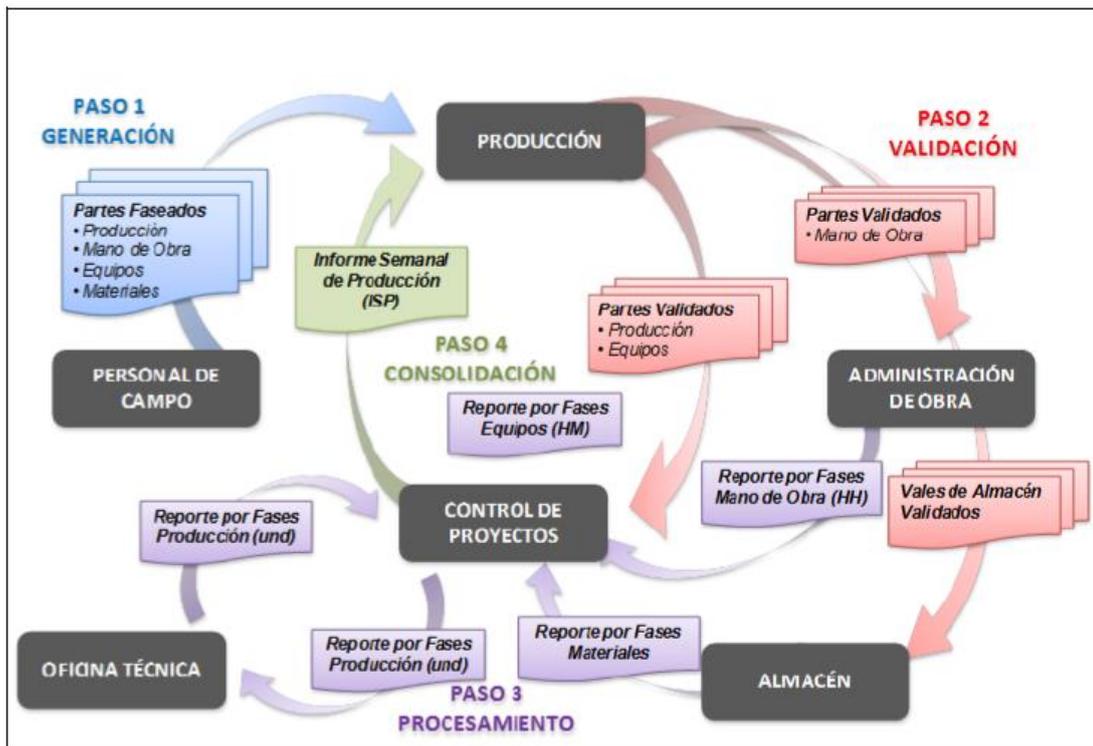


Figura 14. Áreas que intervienen y flujo de información para elaboración del ISP.
Fuente: MGP – Cosapi, 2015.

El Flujo de información necesario para la elaboración del ISP es el siguiente:

Paso 1: Generación

La información de producción, mano de obra, equipos y materiales (a través de los partes diarios correctamente faseados) proviene del personal de campo.

Paso 2: Validación

Los Ingenieros de Producción deben revisar y validar la información proporcionada por los Jefes de Grupo.

Paso 3: Procesamiento

Una vez que la información que proviene de campo sea validada por Producción, las áreas deberán procesar y reportar a Control de Proyectos la información necesaria para elaborar y consolidar el ISP.

Las áreas y sus responsabilidades son las siguientes:

- Administración de Obra: Es responsable del reporte de mano de obra (HH y/o costo) por fase.
- Almacén: Es responsable del reporte de materiales (Cantidades y costo) por fase.
- Oficina Técnica: Es responsable reporte “oficial” de metrados ejecutados acumulados (avance) y totales.

Paso 4: Consolidación

Una vez que se cuente con la información reportada por las áreas, Control de Proyectos debe consolidar y reportar el ISP, utilizando el formato estándar de Cosapi.

2.3.5 Curvas de Productividad

La curva de productividad es una gráfica que permite observar de manera más clara los resultados que arroja el I.S.P. Se realiza una curva de productividad por partida. En este formato se analiza semanalmente los metrados ejecutados y las Horas Hombre (HH) asignadas para las principales partidas del proyecto, tiene como finalidad llevar un registro permanente de los rendimientos obtenidos durante la ejecución de la obra y hacer una comparación con el rendimiento presupuestado para obtener un estado de ganancia o pérdida para dicha partida.

Como es sabido, la variabilidad influye en demasía en los proyectos de construcción, de no ser así se cumpliría en su totalidad lo que anticipamos al inicio del proyecto, pero debido a los efectos de la variabilidad y demás problemas que se presentan en cada proyecto la producción diaria puede variar.

Entonces, las curvas de productividad reúnen todos estos efectos presentes en el proyecto y lo trasladan a un formato en el cual medimos la productividad verdadera con que se está realizando la partida y se tiene el rendimiento real que puede ser menor o mayor que el presupuestado.

2.3.6 Consolidación y Reporte General de Información

En el Informe Semanal de Producción del PMRT se controlaron los procesos más incidentes, en dos diferentes paquetes de trabajo, esto debido a la diferencia de presupuestos:

- Paquete 1: Incluye los trabajos realizados en los frentes: HTN, HTD, TGL/RG2 & Cimentaciones de Tanques.
- Paquete 2: Incluye los trabajos realizados en los frentes: Bandeja E/O, FCK.

Para efectos del presente informe se presentarán los rendimientos y curvas de productividad obtenidas de los procesos más incidentes en función de las Horas Hombre (Acero, Concreto y Encofrado). Así mismo, se presentan los rendimientos consolidados de las estructuras más importantes del PMRT – Obras Civiles Área 01.

2.3.6.1 Procesos más incidentes

ACERO

Este proceso presenta una incidencia del 19.8% para el Paquete 1, y del 23.5% para el Paquete 2 del total de HH directas presupuestadas. A la fecha de cierre presenta una incidencia del 21% y del 31.2% respectivamente, de las HH directas consumidas.

Este proceso incluye la HH consumidas en la habilitación, transporte* y colocación del acero para elementos estructurales (no incluye acero en pavimentos ni tapas de zanjas eléctricas). El 100% del acero fue proveído por Aceros Arequipa. La cantidad prevista inicialmente de acero fue de 5,073 ton, y a la fecha de corte se ha colocado 6,218 ton. El total del acero fue habilitado, en el taller de fierro de obra.

*HH consumidas en transporte de taller de habilitado al área donde se realiza la colocación.

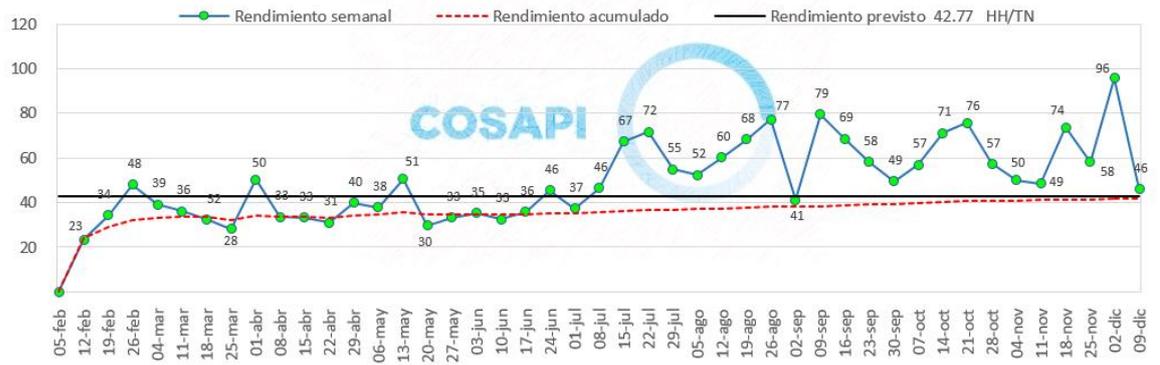


Figura 15. Curva de Productividad de acero en elementos estructurales. Paq 02.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Fase	Descripción	Und.	PRESUP. META	Presupuesto Actualizado (RO) al 25/11/2106	Sem. 58	Sem. 59	Sem. 60	Sem. 61	Sem. 62	Sem. 63	Acum. al 9-Dic	Saldo de Obra	% Avance Acum.	DESCRIP.	RATIOS
					04/11/16	11/11/16	18/11/16	25/11/16	02/12/16	09/12/16					
13. ACERO DE REFUERZO															
	Producción semanal	TN			52	67	22	16	12	25					
	Producción acumulada	TN	2,514	3,357	3,190	3,257	3,278	3,295	3,306	3,332	3,331.7	28	99%	% Avance físico	99%
	Horas hombre semanal	HH			2,530	3,243	1,559	948	1,100	1,197					
	Horas hombre acumulada	HH	107,532	142,396	130,718	133,961	135,560	136,508	137,628	138,795	138,795	3,600	97%	HH Ganadas CPI	142,285 1.03
	Rendimiento semanal	HH/TN			50	49	74	58	96	46					
	Rendimiento previsto	HH/TN	42.77		43	43	43	43	43	43					
	Rendimiento acumulado	HH/TN	43	42	41	41	41	41	42	42	41.66	140.11			
13.04. Habilitación de acero de refuerzo															
	Producción semanal	TN			21	35	13	16	17	15					
	Producción acumulada	TN	2,514	3,357	3,232	3,267	3,280	3,297	3,314	3,329	3,329	28	99%	% Avance físico	99%
	Horas hombre semanal	HH			437	747	282	293	717	461					
	Horas hombre acumulada	HH	38,150	45,269	42,001	42,747	43,029	43,322	44,039	44,500	44,500	769	98%	HH Ganadas CPI	50,509 1.14
	Rendimiento semanal	HH/TN			21	21	21	18	42	30					
	Rendimiento acumulado	HH/TN	15.17	13.48	13.00	13.08	13.12	13.14	13.29	13.37	13.37	27.05			
13.02. Colocación de acero de refuerzo															
	Producción semanal	TN			60	74	25	16	9	7					
	Producción acumulada	TN	2,514	3,107	2,929	3,003	3,028	3,044	3,054	3,060	3,060.17	47	98%	% Avance físico	98%
	Horas hombre semanal	HH			1,844	1,995	1,317	578	403	658					
	Horas hombre acumulada	HH	69,382	83,281	77,679	79,674	80,991	81,567	81,970	82,628	82,628	654	99%	HH Ganadas CPI	91,775 0.97
	Rendimiento semanal	HH/TN			31	27	52	35	43	99					
	Rendimiento acumulado	HH/TN	27.59	27	26.52	26.54	26.75	26.79	26.84	27.00	27.00	13.93			
13.19. Colocación de acero de refuerzo en fuste del SILO															
	Producción semanal	TN			6	7				16					
	Producción acumulada	TN		250	243	250	250	250	250	266	265.77	-15	106%	% Avance físico	106%
	Horas hombre semanal	HH			309	502		79		48					
	Horas hombre acumulada	HH		13,845	11,039	11,541	11,620	11,620	11,668	11,668	2,178		84%	HH Ganadas CPI	
	Rendimiento semanal	HH/TN			53	76				3					
	Rendimiento acumulado	HH/TN		55	45	46	46	47	47	44	43.90				

Figura 16. Histórico de ratios de acero en elementos estructurales. Paq 02.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

CONCRETO

Este proceso presenta una incidencia del 5.78% para el Paquete 1, y del 4.91% para el Paquete 2 del total de HH presupuestadas, y a la fecha se presenta una incidencia del 5.64% y del 5.94% respectivamente, de las HH directas consumidas.

Este proceso incluye sólo los vaciados en concreto estructural para fundaciones, estructuras horizontales y estructuras verticales. El 100% del concreto premezclado fue proveído por DINO. Para cimentaciones que requieren

altas resistencia a los sulfatos se empleó concreto premezclado con cemento Portland Tipo V, y para cimentaciones y/o estructuras que requieran moderada resistencia a los sulfatos se empleó cemento Anti salitre Tipo MS, ambos con resistencia $f'c=350$ kg/cm².

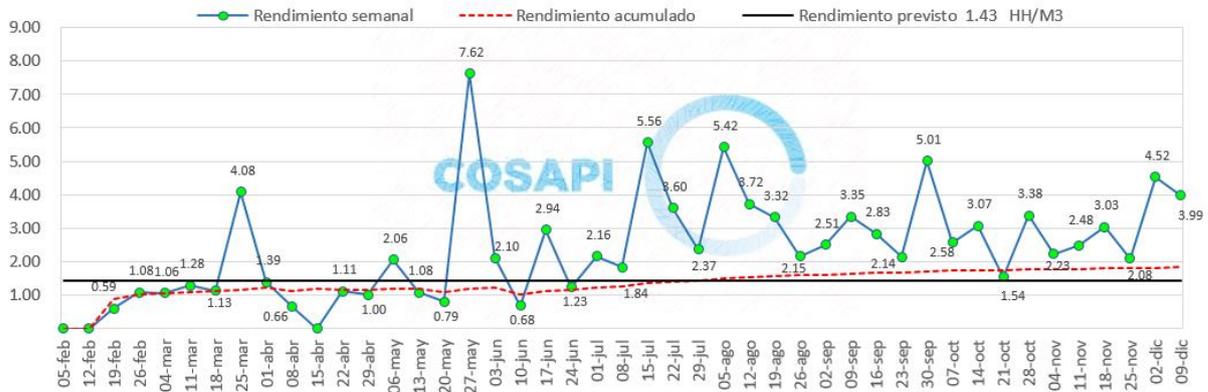


Figura 17. Curva de Productividad de concreto en elementos estructurales. Paq.02
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Fase	Descripción	Und.	PRESUP. META	Presupuesto Actualizado (RO) al 25/11/2106	Sem. 58	Sem. 59	Sem. 60	Sem. 61	Sem. 62	Sem. 63	Acum. al 9-Dic	Saldo de Obra	% Avance Acum.	DESCRIP.	RATIOS
					58 04/11/16	59 11/11/16	60 18/11/16	61 25/11/16	62 02/12/16	63 09/12/16					
11	CONCRETO ESTRUCTURAL														
	Producción semanal	M3		15,688	15,122	254	344	114	220	117	93				
	Producción acumulada	M3	15,688	15,122	13,527	13,871	13,985	14,205	14,322	14,420	14,420.3	702	95%	% Avance físico	95%
	Horas hombre semanal	HH		22,481	26,230	565	853	347	458	530	393				
	Horas hombre acumulada	HH	22,481	26,230	23,897	24,750	25,097	25,555	26,085	26,478	26,478	1,752	94%	HH Ganadas	20,784
	Rendimiento semanal	HH/M3		1.43	1.87	2.23	2.48	3.03	2.08	4.52	3.99				CPI
1.02	Concreto sobre terreno (Para cimentación, losa de piso, junta)														
	Producción semanal	M3		11,468	10,723	106	85	37	67	78	74				
	Producción acumulada	M3	11,468	10,723	9,376	10,061	10,098	10,185	10,262	10,337	10,337	387	96%	% Avance físico	96%
	Horas hombre semanal	HH		14,759	13,929	247	196	93	160	139	91				
	Horas hombre acumulada	HH	14,759	13,929	12,959	13,155	13,254	13,404	13,543	13,634	13,634	295	98%	HH Ganadas	13,303
	Rendimiento semanal	HH/M3		1.29	1.30	2.34	2.31	2.66	1.73	1.79	1.22				CPI
1.06	Concreto para elementos verticales														
	Producción semanal	M3		2,886	3,100	12	169	77	37	37	24				
	Producción acumulada	M3	2,886	3,100	2,764	2,934	3,011	3,011	3,048	3,073	3,072.71	27	99%	% Avance físico	99%
	Horas hombre semanal	HH		3,406	3,406	58	341	248	308	319	204				
	Horas hombre acumulada	HH	3,406	3,406	8,160	8,501	8,749	8,749	9,068	9,272	9,271.57	134	99%	HH Ganadas	5,651
	Rendimiento semanal	HH/M3		1.84	3.03	4.73	2.01	3.22	2.91	8.51	8.42				CPI
11.14	Concreto para elementos horizontales														
	Producción semanal	M3		498	462	79	58	133	2	2					
	Producción acumulada	M3	498	462	177	234	234	367	369	369	369.04	93	80%	% Avance físico	80%
	Horas hombre semanal	HH		1,616	1,616	83	68	579	897	895	895				
	Horas hombre acumulada	HH	1,616	1,616	579	579	897	895	895	895.00	721	55%	HH Ganadas	658	
	Rendimiento semanal	HH/M3		1.81	3.50	1.05	1.53	2.32	3.32	3.32	2.43				CPI
11.19	Concreto fuste del SILO														
	Producción semanal	M3		837	837	57	32	642	642	642	642				
	Producción acumulada	M3	837	837	610	642	642	642	642	642	642.00	195	77%	% Avance físico	77%
	Horas hombre semanal	HH		3,279	3,279	177	228	2,516	2,516	2,580	2,678				
	Horas hombre acumulada	HH	3,279	3,279	2,288	2,516	2,516	2,516	2,580	2,678	2,677.50	602	82%	HH Ganadas	1,162
	Rendimiento semanal	HH/M3		1.81	3.32	3.11	7.13	3.92	3.92	4.02	4.17				CPI

Figura 18. Histórico de ratios de concreto en elementos estructurales. Paq 02.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

ENCOFRADO

Este proceso presenta una incidencia del 13.97% para el Paquete 1, y del 18.42% para el Paquete 2 del total de HH presupuestadas, y a la fecha de corte se presenta una incidencia del 17.66% y del 19.80% respectivamente, de las HH directas consumidas. Este proceso incluye todas las HH consumidas en los trabajos concernientes al encofrado y desencofrado de paneles, como son: selección, limpieza, modulación, habilitación y colocación de paneles y puntales, ajuste, desencofrado y transporte al acopio o al área siguiente a encofrar. Los paneles de encofrado fueron alquilados a ULMA ENCOFRADOS PERU S.A. y a DOKA Perú SAC.

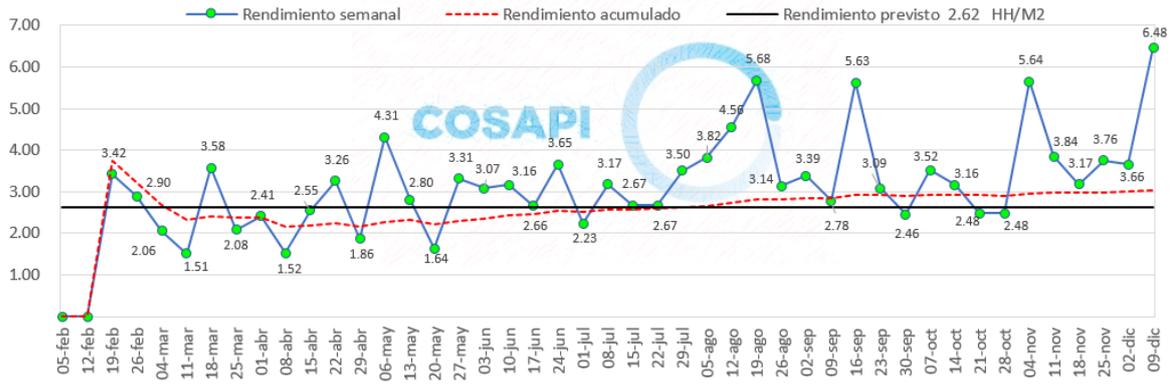


Figura 19. Curva de Productividad de encofrado en elementos estructurales. Paq 02.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Fase	Descripción	Und.	PRESUP. META	Presupuesto Actualizado (RO) al 25/11/2106	Sem. 58	Sem. 59	Sem. 60	Sem. 61	Sem. 62	Sem. 63	Acum. al 9-Dic	Saldo de Obra	% Avance Acum.	DESCRIP.	RATIOS	
					58 04/11/16	59 11/11/16	60 18/11/16	61 25/11/16	62 02/12/16	63 09/12/16						
12	ENCOFRADO															
	Producción semanal	M2		31,409	464	787	595	484	654	324						
	Producción acumulada	M2	32,175	31,409	26,147	26,934	27,519	28,003	28,656	28,980	28,980.5	2,428	92%	% Avance físico	92%	
	Horas hombre semanal	HH			2,617	3,025	1,856	1,819	2,391	2,098						
	Horas hombre acumulada	HH	84,407	84,323	77,030	80,055	81,311	83,730	86,121	88,219	88,219	6,104	94%	HH Ganadas	74,643	
	Rendimiento semanal	HHM2		3.00	5.64	3.84	3.17	3.76	3.66	6.48					0.85	
	Rendimiento acumulado	HHM2	2.62	3.00	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62						
	Rendimiento acumulado	HHM2	2.62	3.00	2.95	2.97	2.98	2.99	3.01	3.04	3.04	2.51				
2.02	Encofrado y desencofrado para cimentación, losa de piso, jun															
	Producción semanal	M2		9,757	119	99	117	73	118	99						
	Producción acumulada	M2	11,176	9,757	8,830	8,929	9,046	9,119	9,237	9,336	9,336.38	420	96%	% Avance físico	96%	
	Horas hombre semanal	HH			419	280	153	132	219	231						
	Horas hombre acumulada	HH	27,319	27,271	24,826	25,086	25,239	25,431	25,650	25,881	25,881.50	1,390	95%	HH Ganadas	22,823	
	Rendimiento semanal	HHM2		2.80	3.51	2.82	1.31	2.63	1.85	2.33					0.88	
	Rendimiento acumulado	HHM2	2.44	2.80	2.81	2.81	2.79	2.79	2.78	2.77	2.77	3.31				
2.03	Encofrado de arquetas y zanjas															
	Producción semanal	M2		8,258	66	252	66	226	262	73						
	Producción acumulada	M2	7,420	8,258	5,874	6,126	6,192	6,417	6,679	6,752	6,752.19	1,506	82%	% Avance físico	82%	
	Horas hombre semanal	HH			236	654	475	577	565	341						
	Horas hombre acumulada	HH	16,122	19,635	13,565	14,219	14,694	15,271	15,836	16,177	16,177.37	3,457	82%	HH Ganadas	14,670	
	Rendimiento semanal	HHM2		2.38	4.47	2.60	7.19	2.56	2.16	4.66					0.91	
	Rendimiento acumulado	HHM2	2.17	2.38	2.31	2.32	2.37	2.38	2.37	2.40	2.40	2.30				
2.06	Encofrado y desencofrado para elementos verticales															
	Producción semanal	M2		3,581	158	289	330	98	224	102						
	Producción acumulada	M2	3,306	3,581	8,529	8,818	9,148	9,246	9,470	9,572	9,571.53	10	100%	% Avance físico	100%	
	Horas hombre semanal	HH			546	902	550	324	649	511						
	Horas hombre acumulada	HH	24,637	24,320	21,381	22,283	22,833	23,157	23,808	24,317	24,317.27	3	100%	HH Ganadas	25,340	
	Rendimiento semanal	HHM2		2.54	3.45	3.12	1.67	3.32	2.90	5.02					1.04	
	Rendimiento acumulado	HHM2	2.65	2.54	2.51	2.53	2.50	2.50	2.51	2.54	2.54	0.29				
2.14	Encofrado y desencofrado para elementos horizontales															
	Producción semanal	M2		1,165	740	770	842	929	929	929						
	Producción acumulada	M2	1,625	1,165	441	235	453	694	690	338	929.36	236	80%	% Avance físico	80%	
	Horas hombre semanal	HH			3,531	3,786	4,219	4,913	5,273	5,809	5,808.50	551	91%	HH Ganadas	5,070	
	Horas hombre acumulada	HH	8,867	6,153	4,777	4.89	5.01	5.29	5.67	6.03	6.03	2.33				0.90
	Rendimiento semanal	HHM2		5.29	4.77	4.89	5.01	5.29	5.67	6.03	6.03	2.33				
	Rendimiento acumulado	HHM2	5.46	5.29	4.77	4.89	5.01	5.29	5.67	6.03	6.03	2.33				

Figura 20. Histórico de ratios de encofrado en elementos estructurales. Paq 02.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

3.2.6.2 Estructuras más importantes del PMRT – Obras Civiles Área 01.

Dentro de las áreas más importantes del proyecto, las cuales presentan mayor cantidad de concreto, acero, encofrado, son estructuras de gran altura, y de mayor requerimiento de equipos, se tienen:

Cimentaciones de Tanques

Las cimentaciones de tanques se podían dividir en dos sub áreas.

- Tanques STA: 3 tanques
- Tanques TKS: 9 tanques

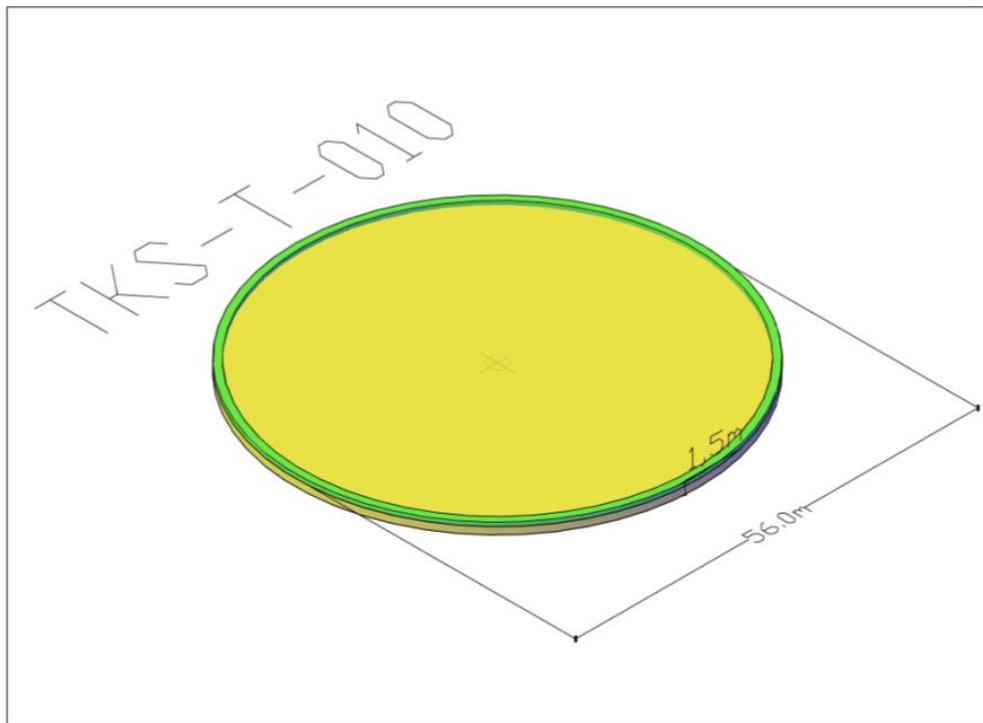


Figura 21. Tanque TKS-T-010.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

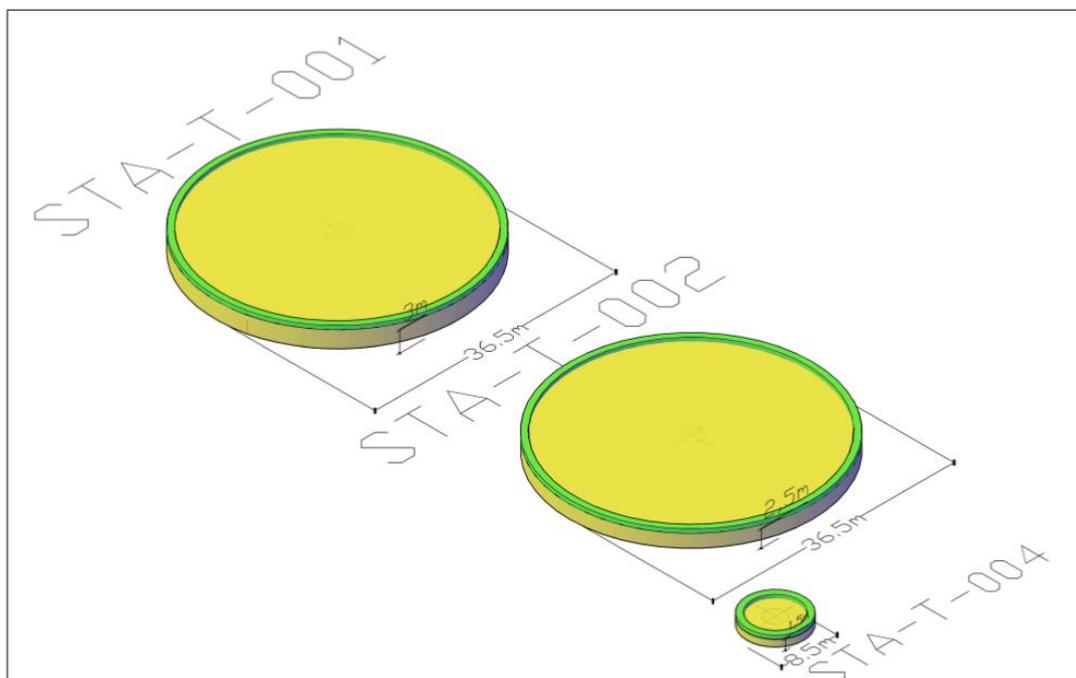


Figura N° 22: Tanque STA-T-001 / STA-T-002 / STA-T-003
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Tabla 1. Ratios de concreto, acero y encofrado por tanque.

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

SUB AREA	TANQUE	METRADO EJECUTADO			RATIOS	
		Concreto Estructural	Acero	Encofrado	Acero / Concreto	Encofrado / Concreto
		m3	kg	m2	kg/m3	m2/m3
STA	STA-T-001	1,454.8	181,865	403.4	125.0	0.28
	STA-T-002	1,310.4	174,860	346.1	133.4	0.26
	STA-T-004	52.7	6,345	44.5	120.5	0.85
TKS	TKS-T-003	307.5	47,404	356.5	154.2	1.16
	TKS-T-004	424.9	89,922	531.1	211.6	1.25
	TKS-T-005	494.6	61,216	184.9	123.8	0.37
	TKS-T-009	1,152.0	177,676	237.8	154.2	0.21
	TKS-T-010	2,537.4	265,661	354.2	104.7	0.14
	TKS-T-012	194.6	25,738	91.8	132.3	0.47
	TKS-T-013	144.6	26,626	231.3	184.2	1.60
	TKS-T-014	755.3	85,278	264.7	112.9	0.35
	TKS-T-015	262.9	33,785	130.1	128.5	0.49
FCK	FCK-T-301	65.2	6,106	97.1	93.7	1.49
	FCK-T-302	157.3	15,606	144.4	99.2	0.92
TOTAL		9,314.0	1,198,087.7	3,417.8	128.6	0.37

Tabla 2. Horas hombre empleadas y ratios de productividad por tanque.

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

SUB AREA	TANQUE	HH EMPLEADAS			RATIOS		
		Concreto	Acero	Encofrado	HH/ Concreto	HH/ Acero	HH/ Encofrado
		HH	HH	HH	HH/m3	HH/Kg	HH/m2
STA	STA-T-001	618.00	6,159.0	1,426.5	0.4	0.034	3.54
	STA-T-002	1,311.00	5,284.0	1,653.5	1.0	0.030	4.78
	STA-T-004	212.50	393.8	200.3	4.0	0.062	4.50
TKS	TKS-T-003	496.00	732.5	1,251.0	1.6	0.015	3.51
	TKS-T-004	118.00	2,340.8	1,350.7	0.3	0.026	2.54
	TKS-T-005	744.00	1,798.0	855.5	1.5	0.029	4.63
	TKS-T-009	691.00	5,153.8	912.0	0.6	0.029	3.84
	TKS-T-010	2,019.00	4,877.0	1,836.0	0.8	0.018	5.18
	TKS-T-012	162.00	1,846.0	504.0	0.8	0.072	5.49
	TKS-T-013	258.00	873.0	877.3	1.8	0.033	3.79
	TKS-T-014	347.00	1,864.5	1,208.0	0.5	0.022	4.56
	TKS-T-015	496.00	732.5	614.0	1.9	0.022	4.72
FCK	FCK-T-301	212.50	393.8	400.5	3.3	0.064	4.13
	FCK-T-302	425.00	787.5	738.8	2.7	0.050	5.12
TOTAL		8,110.00	33236	13,828	0.87	0.028	4.05

Estructura Silo de Finos de Coque

La estructura consta de:

- Cimentación
- Fuste (13 etapas de construcción)

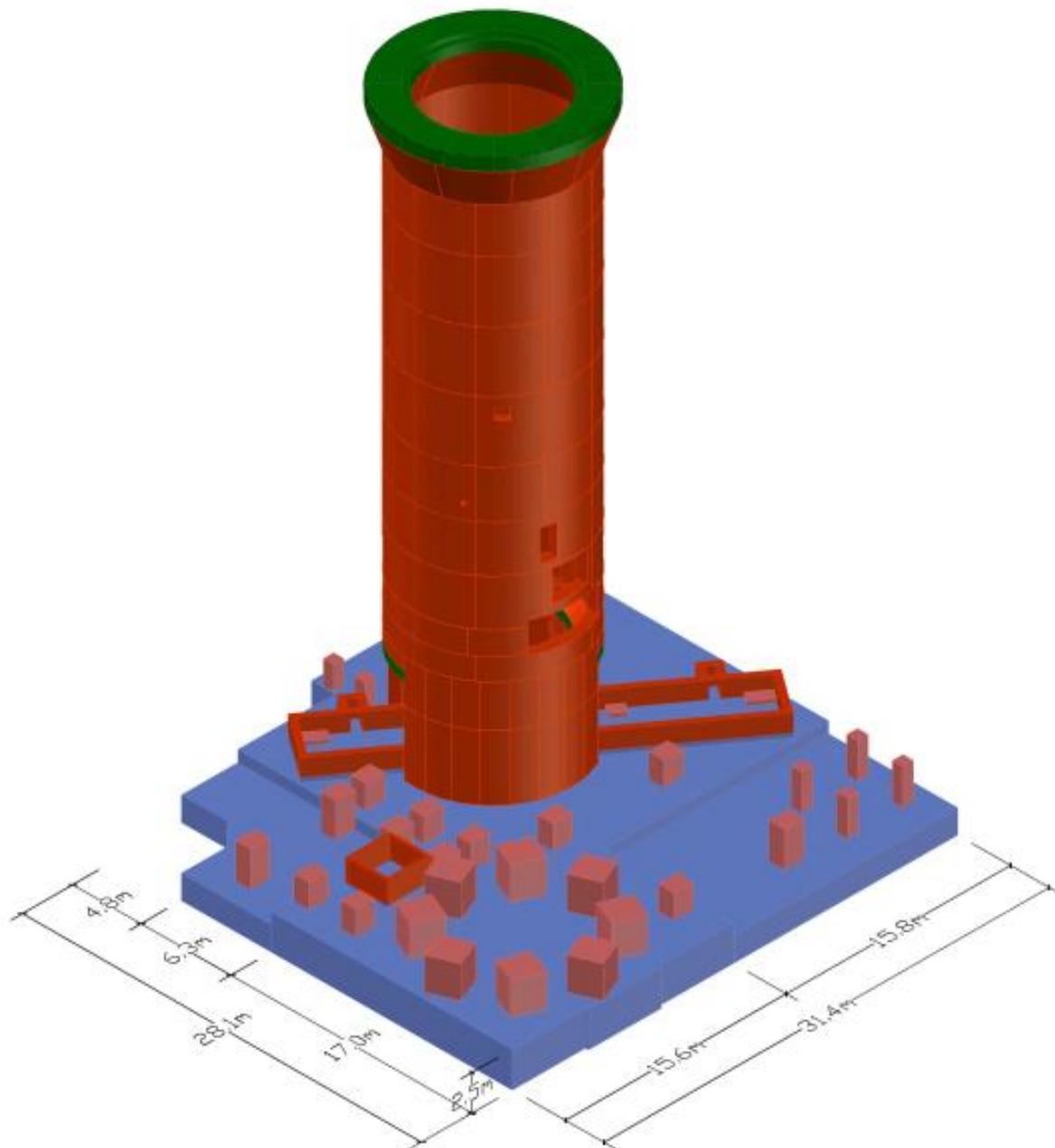


Figura 23. Isométrico del Silo: Fuste + Cimentación
Fuente: Inf. Final Silo – Refinería Talara.

Tabla 3. Ratios de acero y encofrado por etapa de construcción.
Fuente: Inf. Final Silo – Refinería Talara.

	Etapa de construcción (mtrs)	METRADOS			RATIOS	
		Concreto	Encofrado	Acero	Acero / Concreto	Encofrado / Concreto
		m3	m2	Tn	Kg/m3	m2/m3
0	Cimentación	2,000	304.12	646.64	323.27	0.15
1	108	83.00	237.00	57.71	695.35	2.86
2	109.5	27.00	77.00	18.82	697.03	2.85
3	111	45.00	134.00	18.82	418.22	2.98
4	112.55	32.00	96.00	11.06	345.69	3.00
5	114.2	31.00	95.00	10.32	332.79	3.06
6	117.5	70.00	208.00	20.63	294.76	2.97
7	120.8	73.00	219.00	20.63	282.64	3.00
8	124.2	77.00	219.00	21.26	276.08	2.84
9	128.5	57.00	294.00	26.89	471.67	5.16
10	132.8	57.00	296.00	26.89	471.67	5.19
11	137.1	57.00	296.00	26.89	471.67	5.19
12	141.55	43.00	222.00	27.82	647.05	5.16
13	143.85	184.00	256.00	46.08	250.46	1.39
Total Cim.		2,000.33	304.12	646.64	323.27	0.15
Total Fuste		836.00	2,649.00	333.82	399.31	3.17
TOTAL		2,836.33	2,953.12	980.46	345.68	1.04

Tabla 4. Ratios de acero y encofrado por estructura ejecutada.
Fuente: Inf. Final Silo – Refinería Talara.

ESTRUCTURA	METRADO EJECUTADO			RATIOS	
DESCRIPCIÓN	Concreto	Acero	Encofrado	Acero / Concreto	Encofrado / Concreto
	Estructural m3	tn	m2	Tn/m3	m2/m3
Cimentación	2,000.33	646.64	309.63	0.32	0.15
Fuste	642.00	292.34	2,391.00	0.46	3.72
TOTAL	2,642.33	938.98	2,700.63	0.36	1.02

Tabla 5. HHs empleadas y ratios de productividad por tipo de estructura ejecutada.
Fuente: Inf. Final Silo – Refinería Talara.

ESTRUCTURA	HH EMPLEADAS			RATIOS		
DESCRIPCIÓN	Concreto	Acero	Encofrado	HH/ Concreto	HH/ Acero	HH/ Encofrado
	HH	HH	HH	HH/m3	HH/Tn	HH/m2
Cimentación	1,304.40	14,467.08	1,100.60	0.65	22.37	3.55
Fuste	2,677.50	12,017.50	16,234.50	4.17	41.11	6.79
TOTAL	3,981.90	26,484.58	17,335.10	1.51	28.21	6.42

Bandeja de Tuberías Rack E/O N 1

El Rack E/O N 1 consta básicamente de 48 encepados (zapatas y pedestales) y vigas de cimentación.

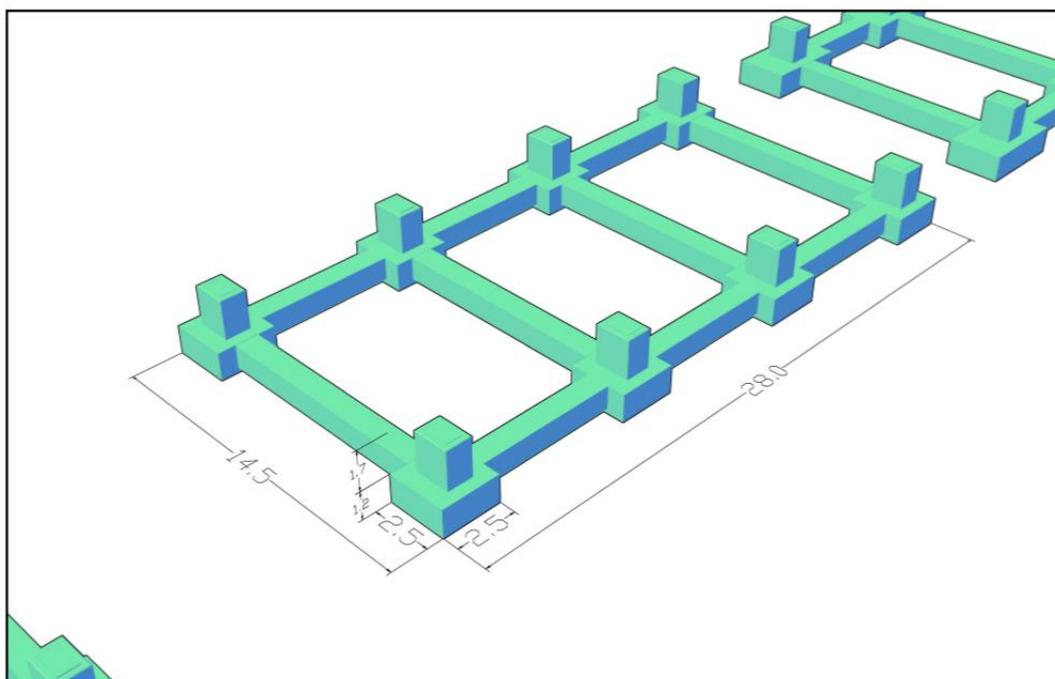
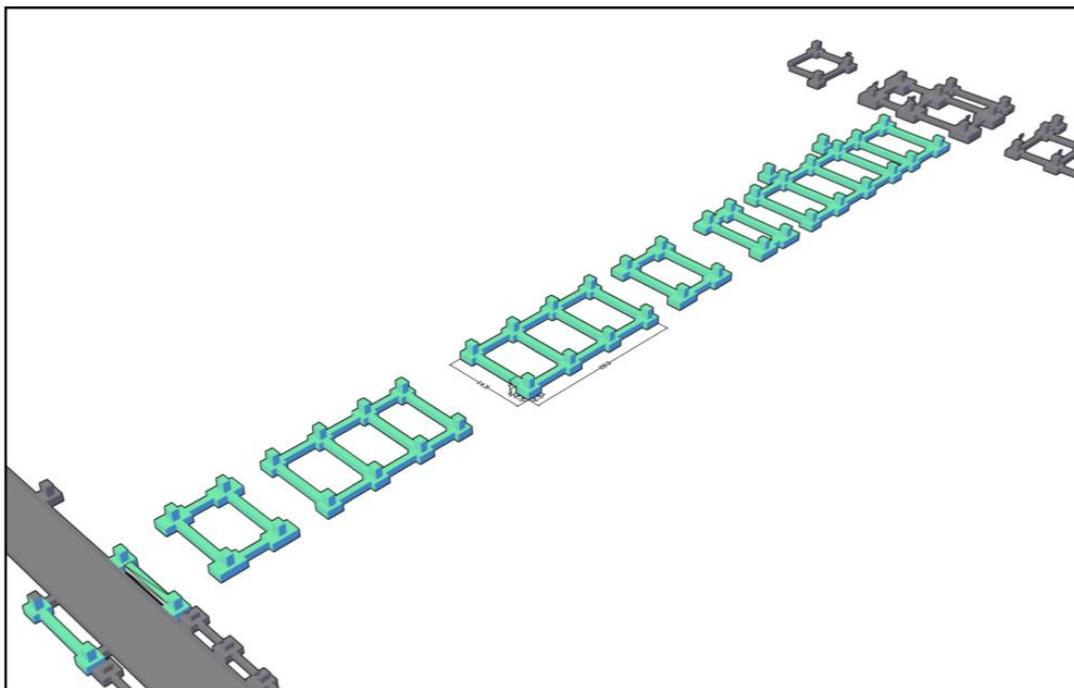


Figura 24. Rack E/O N1

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Tabla 6. Ratios de acero y encofrado por estructura ejecutada.

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

ESTRUCTURA	METRADO EJECUTADO			RATIOS	
	Concreto Estructural	Acero	Encofrado	Acero / Concreto	Encofrado / Concreto
	m3	kg	m2	kg/m3	m2/m3
Zapatas	443.4	79,513	618.7	179.3	1.40
Pedestales	132.7	56,029	418.1	422.3	3.15
Vigas de cimentación	344.8	75,544	589.6	219.1	1.71
TOTAL	920.9	211,086	1,626.4	229.2	1.77

Tabla 7. Horas hombre empleadas y ratios de productividad por tipo de estructura

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

ESTRUCTURA	HH EMPLEADAS			RATIOS		
	Concreto	Acero	Encofrado	HH/Concreto	HH/Acero	HH/Encofrado
	HH	HH	HH	HH/m3	HH/Kg	HH/m2
Zapatas y Vigas de Cimentación	797	5,500	2,605	1.01	0.035	2.16
Pedestales	338	1,547	1,355	2.55	0.028	3.24
TOTAL	1,136	7,047	3,960	1.23	0.033	2.43

CIMENTACION ESTRUCTURA E+F y Reactor R-101

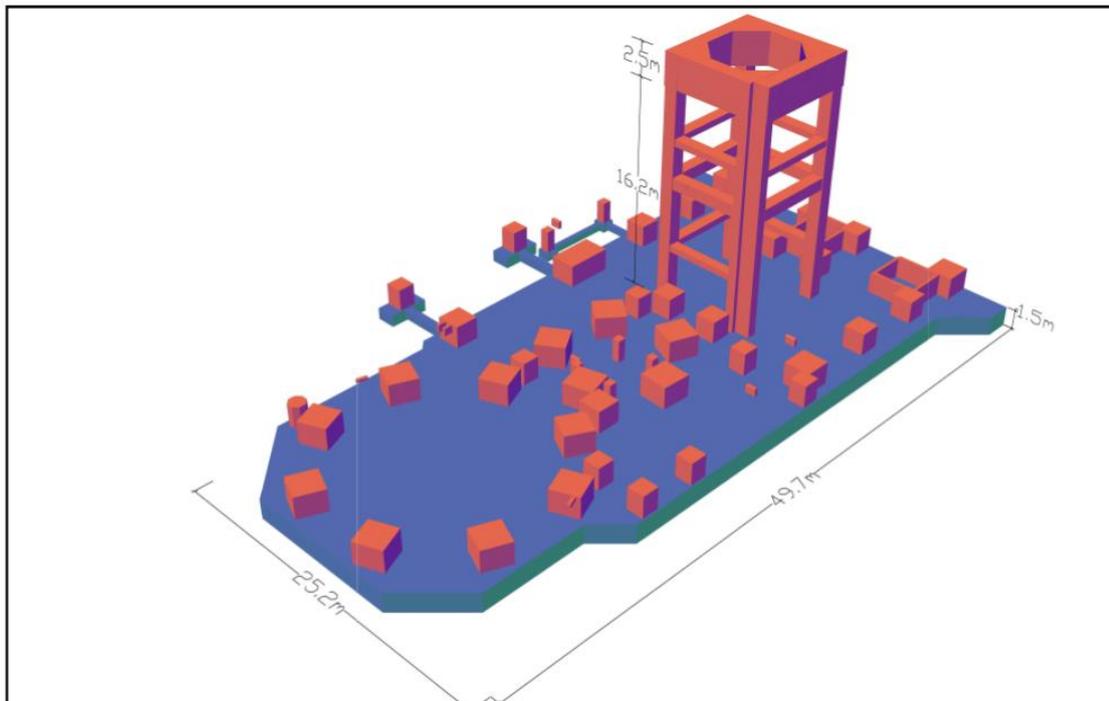


Figura 25. Estructura E+F y Reactor R-101

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Tabla 8. Ratios de acero y encofrado por estructura ejecutada
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

ESTRUCTURA	METRADO EJECUTADO			RATIOS	
DESCRIPCIÓN	Concreto Estructural	Acero	Encofrado	Acero / Concreto	Encofrado / Concreto
	m3	kg	m2	kg/m3	m2/m3
Losa de Cimentación	1678.1	305,099	261.202718	181.82	0.16
Pedestales	220.8	45,223	552.279331	204.77	2.50
Columnas	74.52675	27,138	278.961	364.14	3.74
Vigas elevadas	131.624	38,326	217.964	291.18	1.66
TOTAL	2105	415785	1310	197.52	0.62

Tabla 9. Horas hombre empleadas y ratios de productividad por tipo de estructura
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

ESTRUCTURA	HH EMPLEADAS			RATIOS		
DESCRIPCIÓN	Concreto	Acero	Encofrado	HH/ Concreto	HH/ Acero	HH/ Encofrado
	HH	HH	HH	HH/m3	HH/Kg	HH/m2
Losa de Cimentación	2455	10,148	917	1.46	0.03	3.51
Pedestales	444	1,618	920	2.01	0.04	1.67
Columnas	217	1,014	698	2.91	0.04	2.50
Vigas elevadas	326	1,939	910	2.48	0.05	4.18
TOTAL	3,442	14,719	3,445	1.64	0.04	2.63

2.3.7 Estudios de Productividad

Durante el desarrollo del proyecto se lograron identificar trabajos y/o actividades que requerían mejorar el desarrollo del flujo de procesos, mejorar el uso de tiempos muertos, mejorar el uso y distribución de equipos, los cuales son descritos en los siguientes estudios de productividad realizados:

Tapas de Zanjas Eléctricas y de Sistema Cerrado

El proceso de estudio se centra en las actividades realizadas para la construcción de las tapas tanto de zanjas Eléctricas como del Sistema Cerrado.

Se emplearon dos sistemas diferentes de fabricación para las tapas:

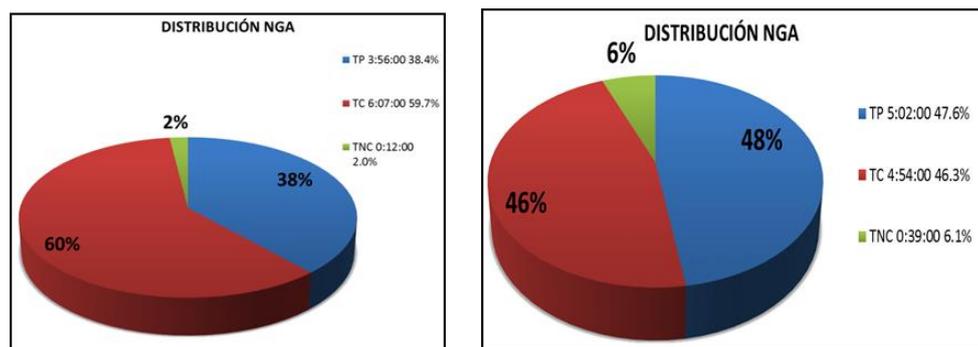
- Sistema de tapas Pre-fabricadas
- Sistema de tapas In-Situ

En principio sólo se ejecutaban tapas prefabricadas, sin embargo ante los requerimientos de pendiente y geometría con el que contaban las tapas en ciertos tramos de las zanjas, se optó por fabricarlas in-situ.

Luego de unas semanas de trabajo se pudo observar que el gasto de recursos en dichas actividades eran muy superiores a las presupuestadas. Específicamente, en la quinta semana de haber comenzado estas actividades ya se había consumido más del 100% de hrs presupuestadas. Es por esto, y a pesar que esta actividad no es considerada como incidente en el presupuesto se vio la necesidad, de realizar mediciones en campo y plantear propuestas de mejora, para así evitar que se descontrola el gasto de hh.

Los días 28 y 29 de Abril se realizaron estudios para ambos sistemas de fabricación, tanto para concreto como encofrado. Se identificaron mayores oportunidades de mejora en el proceso de encofrado, por lo cuál se decidió profundizar en dicha actividad.

Se hizo uso de los formatos del Nivel General de Actividades (NGA), para lograr identificar el estado de los tiempos productivos, contributorios y no contributorios en los trabajos de encofrado de tapas para ambos sistemas de fabricación. Se obtuvieron los siguientes resultados:



Medición N° 01 (28-Abril)

Medición N° 02 (29-Abril)

Figura N° 26: Nivel general de actividades. Proceso: Encofrado de tapas pre-fabricadas.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Tabla 10. Codificación de trabajos productivos, contributorios y no contributorios.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

TP	TRABAJO PRODUCTIVO	TC	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TNC	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
EN	Encofrado (Armado y colocado)	TR	Trazos	NF	Necesidades fisiológicas
-	-	IC	Instrucciones y coordinación	HP	Hidratación del personal
-	-	RP	Revisión de planos	PS	Uso del protector solar
-	-	LM	Limpieza (pre encofrado)	CS	Charlas de seguridad
-	-	AM	Acarreo de material	IT	Interferencia de trabajos
-	-	AL	Alineamientos	INS	Instrucciones
-	-	HE	Habilitado de encofrado	SF	Sin frente de trabajo
-	-	DE	Desencofrado	HC	Hablar con compañero
-	-	CMT	Colocar cinta masking tape	-	-

Al final de las mediciones hechas en campo se puede observar que en promedio el porcentaje de trabajos no contributorios es bajo (contrario a lo que inicialmente se pensaba); sin embargo los trabajos contributorios significan en promedio el 55% del total de HH consumida. La mayor parte de los trabajos contributorios son debido al habilitado y apuntalamiento del encofrado de fondo de tapa.

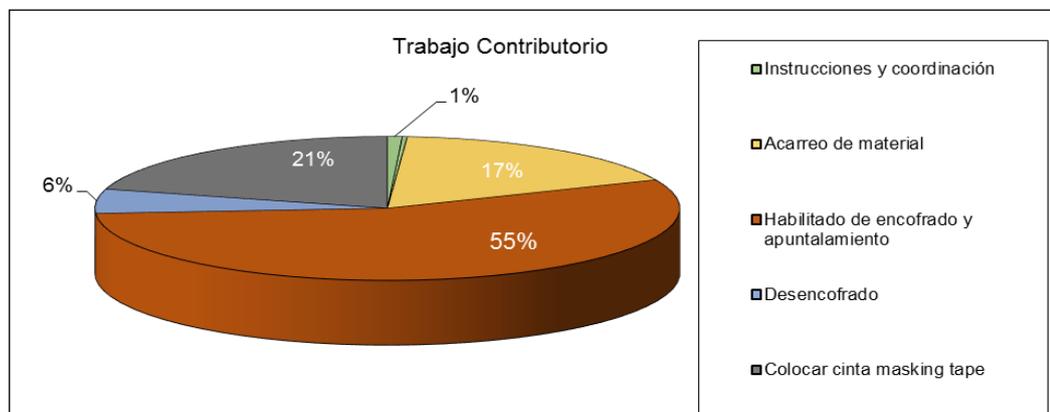


Figura N° 27. Distribución promedio de trabajos Contributorios

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

El estudio inicial fue hecho en la unidad HTN, aquí se logró identificar factores que afectan la productividad, de esta manera se propuso mejoras, las cuales puedan ser puestas en práctica en los tramos faltantes de la misma unidad y en las otras unidades de construcción.

A través de los estudios realizados en campo para esta actividad se pudieron observar diversas oportunidades de mejora y a la vez corregir los errores que se venían cometiendo al momento de su ejecución. Así mismo se puede agregar que hay ciertos factores que no se habían contemplado en el presupuesto.

Se presentan los resultados obtenidos en ambas mediciones:

Tabla 11. Rendimientos obtenidos en mediciones en campo.

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

	Und	Previsto	MED. 1	MED. 2	PROM.
Metrado	M2	1007.5	1.26	1.89	1.58
Horas	HH	1944.1	10.0	10.6	10.3
Personal	pers		5.00	3.00	4.00
Rendimiento	HH/M2	1.93	7.94	5.61	6.54

Implementación de Acciones Correctivas

Como se mencionó anteriormente, luego de los estudios realizados en campo, se observó que aunque la incidencia de TNC es relativamente bajo, el porcentaje de TC es en promedio 55%, siendo éstos en su mayoría hhs de habilitado de encofrado y apuntalamiento del fondo de tapa.



Figura 28. Encofrado y colocado de acero de tapas In-Situ.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Se observa que luego de apuntalar y encofrar el fondo de tapa, se colocan los frisos de forma alternada a lo largo de toda la zanja, esto ocasiona que no se aproveche la totalidad del encofrado. Por lo tanto se tiene el 50% de avance de encofrado atrapado hasta el vertido de hormigón y posterior desencofrado.

Se decidió aprovechar las oportunidades de mejora que los estudios de productividad nos presentaban. En coordinación con los ingenieros de producción encargados se implementaron propuestas de mejoras en la fabricación de las tapas, y se tuvieron las siguientes indicaciones:

- Determinar una cuadrilla conformada por carpinteros y fierros que se dediquen a la fabricación de tapas, ya sea in-situ o prefabricadas.
- Encofrado de tapas continuas prefabricadas, teniendo un taller exclusivamente para dicha actividad, donde además se acopien los recursos necesarios y así evitar un mayor gasto de HH en el traslado de materiales.
- Planificar con anticipación qué tramos de las zanjas requieren que las tapas sean fabricadas in-situ, procurando al máximo que sean las tapas prefabricadas las predominantes, de esta manera se gestionará mejor incluso otras actividades que tengan interferencias con esta actividad.
- Coordinar con el personal de seguridad y limpieza, para evitar las paralizaciones por posibles interferencias con otras actividades.

Los días 06 y 07 de Mayo se realizaron estudios para controlar los resultados producto de la implementación de mejoras.

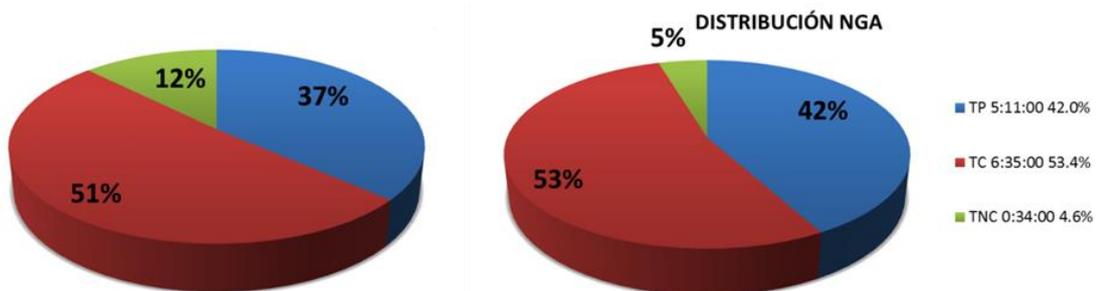


Figura 29. Mediciones luego de la implementación de mejoras.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Del análisis realizado se puede concluir que hay un gran porcentaje de trabajos contributivos y dentro de estos, con un porcentaje de 7.3% se encuentra el izaje de tapas a la retroexcavadora; se puede ver que el traslado de tapas con este equipo genera muchos improductivos ya que la carga y descarga de tapas tiene que hacerse manualmente, también hay improductivos debido al tiempo de espera del personal hasta que llegue el equipo al taller de prefabricados 4.8%.

A continuación se muestran los ratios de rendimientos obtenidos luego de la implementación de mejoras aplicadas a la actividad en mención:

Tabla 12. Rendimientos obtenidos en mediciones en campo con el plan de mejoras implementadas. Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

	Und	Previsto	MED. 1	MED. 2	PROM.
Metrado	M2	1007.5	3.0	5.0	3.99
Horas	HH	1944.1	12.5	12.5	12.5
Personal	pers		8.5	8.0	8.25
Rendimiento	HH/M2	1.93	4.13	2.53	3.14

A continuación se presenta un comparativo de las mejoras obtenidas:

Tabla 13. Comparativo de mejoras. Nivel TP, TC & TNC.
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara

COMPARACION DE MEJORAS OBTENIDAS						
COMPARACION DE MEJORAS	ACTIVIDADES		CASO INICIAL		MEJORA	
	TP	1	Encofrado	42.97%	42.97%	39.30%
TC	8	Instrucciones	0.56%	52.99%	2.63%	51.75%
	10	Limpieza (pre encofrado)	2.68%		0.47%	
	11	Acarreo de material	12.05%		27.39%	
	13	Habilitado de encofrado	24.30%		2.20%	
	14	Desencofrado	2.41%		18.78%	
	15	Colocar cinta masking tape	10.98%		0.27%	
TNC	17	Necesidades fisiológicas	0.00%	4.05%	1.80%	8.55%
	18	Hidratación del personal	0.87%		0.66%	
	19	Uso del protector solar	0.31%		2.21%	
	20	Charlas de seguridad	0.79%		2.93%	
	23	Sin frente de trabajo	0.31%		0.73%	
	24	Hablar con compañero	1.76%		0.20%	
TOTAL				100.00%		100.00%

Se puede observar una disminución en la incidencia de los TC observados en las primeras mediciones (Instrucciones, limpieza y habilitado de encofrado), sin embargo hace falta seguir mejorando algunos puntos para obtener una mejora continua de la actividad, entre los cuáles se debe mencionar:

- El taller de tapas prefabricadas debe estar en un lugar cercano, accesible y que no genere interferencias con otras actividades. Así mismo debe estar

correctamente señalado para que el equipo destinado al traslado de las tapas no genere improductivos y paralizaciones innecesarias.

- Evitar la carga manual de las tapas prefabricadas.
- Seguir implementando las charlas de seguridad

A continuación se presenta el comparativo de rendimientos obtenidos durante las mediciones antes y después de aplicar las instrucciones, donde se observa una notable mejora de rendimientos.

Tabla 14. Comparativo de rendimientos (producto de las mediciones en campo)
Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

	Und	INICIO	FIN
Metrado	M2	1.58	3.99
Horas	HH	10.30	12.50
Personal	pers	4.00	8.00
Rendimiento	HH/M2	6.54	3.14

Capítulo 3

Aporte y desarrollo de experiencia

3.1 Base teórica de experiencias desarrolladas

El área de Control de Proyectos, área de desarrollo y sustento del presente trabajo, permite el desarrollo de competencias de gestión y trabajo en equipo. Así mismo otorga la posibilidad de aplicar técnicas apropiadas para hacer cálculos de rendimientos, costos y presupuestos, conocimientos necesarios para una correcta planificación, programación y control de un proyecto de construcción.

En este punto es apropiado y a la vez necesario señalar la importancia de la aplicación de cursos de naturaleza teórico-práctica durante la carrera universitaria, que tengan como principal propósito desarrollar fundamentos que le permitan al alumno obtener habilidades técnicas para la organización.

Ambas experiencias profesionales guardan relación con cursos pertenecientes al área de “Construcción” dictados en la Universidad de Piura, durante el cuarto y quinto año de estudios. Estos cursos en mención son:

- Ingeniería de Construcción (INC)
- Planificación de la Construcción (PLC).

Las materias anteriormente mencionadas introducen al alumno en el entorno de la actividad profesional del Ingeniero Civil, permitiéndole conocer las características de la industria de la construcción y adquirir conocimientos técnicos básicos sobre los procesos constructivos, metrados, presupuestos y planificación de los proyectos de construcción.

3.2 Aporte de experiencias

3.2.1 Proyecto Alto Piura

La experiencia profesional desarrollada en el proyecto del Alto Piura se relaciona directamente con el curso “Planificación de la Construcción” a través de la aplicación de los fundamentos y conocimientos útiles para la etapa de planificación de los proyectos, que permite a su vez la elaboración del presupuesto de ejecución y la programación de trabajos.

Los conocimientos del software Microsoft Project sirvieron para:

- Identificación de la ruta crítica del proyecto (actividades más relevantes).
- Identificación de las actividades más incidentes en el costo.
- Identificación de los recursos más incidentes en la ruta crítica.
- Modificación de plazos sin afectar la fecha de término.

Estos puntos mencionados fueron la base para la realización de la programación mensual en el proyecto del Alto Piura. Se pudo manejar y mejorar las holguras de tiempo de cada actividad para que de esta manera no afecte la fecha de plazo de entrega de los trabajos realizados. Asimismo, se pudo reprogramar con éxito aquellas actividades que en su momento no se pudieron realizar debido a eventos fortuitos, emergencias, problemas sociales u otros.

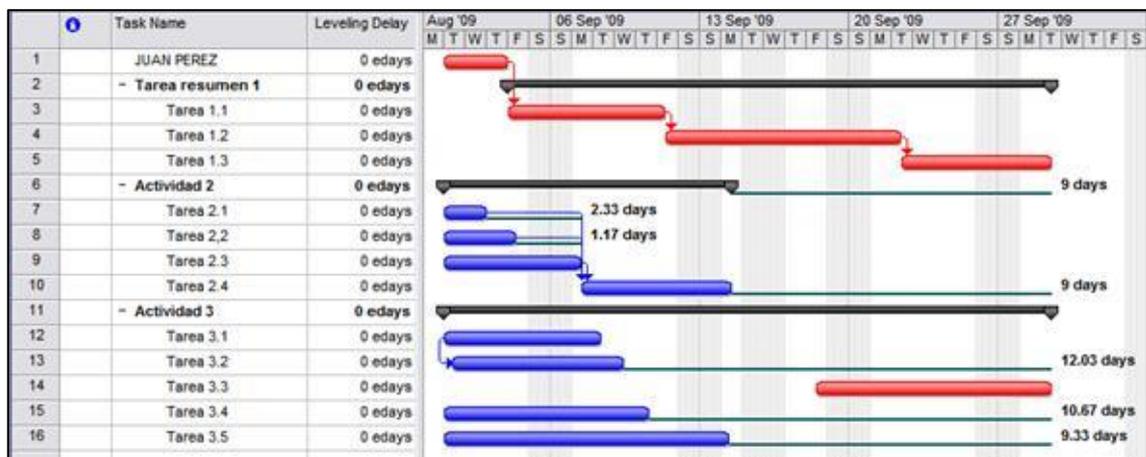


Figura 30. Imagen representativa de programación mediante diagrama GANTT.

Fuente: Obrainsa.

Teniendo como base los conocimientos del Project, se pudo realizar un análisis similar con un nuevo software “Primavera P6”, en el cual se maneja a más detalle temas como la asignación de recursos, redistribución de los mismos y su planificación de uso por períodos de tiempo.

El uso de estos dos software sirve para la elaboración de la línea base del proyecto que es el punto de partida del mismo donde se hace una medición de todos los indicadores contemplados en el diseño del proyecto para su próxima programación.

3.2.1.1 Desarrollo de experiencia

En el presente ítem, se analizará de la aplicación del sistema *Last Planner* o Último planificador en una determinada semana en el proyecto: “Accesos Alto Piura”.

La semana en mención es la semana 07 comprendida entre el 06-febrero-2017 y el 12-febrero-2017.

Entre las actividades planificadas para la semana en mención figuran:

Tramo I**Movimiento de Tierras**

Excavación en roca fija, roca suelta y material suelto.

Tramo II**Obras de Arte**

Canal de piedra emboquillada con concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

Señalización

Colocación de postes de señal preventiva-reglamentaria, postes delineadores.

Tramo III**Movimiento de Tierras**

Perfilado y compactado en zonas de corte.

Afirmado

Extracción de material para afirmado.

Procesamiento de material afirmado.

Conformación de afirmado.

Obras de Arte

Limpieza de alcantarillas.

Excavación de alcantarillas.

Limpieza de cauce.

Mampostería de piedra emboquillada.

Item	Descripción de la Actividad	Und	P.U Oferta	SEMANA 7							Metrado Semanal	Monto Oferta	
				L	M	M	J	V	S	D			
				13	14	15	16	17	18	19			
	TRAMO 3 PAMPAS - PORTAL DE ENTRADA												
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS												
205	EXCAVACIONES EN ROCA MATERIAL SUELTO												
	10+524 24+125	M3	3.38										
208	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE												
	10+524 24+125	M2	1.34	304	304	304	304	304	101		1,622.17	2,173.71	
300.A	AFIRMADO												
	Extracción de Material p/afirmado	M3	12.07	500	500	500	500	500	300		2,800.00	33,796.00	
DIA	Procesamiento de Material p/afirmado	M3	10.16	250	250	250	250	250	100		1,350.00	13,716.00	
NOCHE	Procesamiento de Material p/afirmado	M3	10.16										
	Conformación de Afirmado	M3	16.19		300	300	300	300	25		1,225.00	19,832.75	

Figura 31. Planificación Semanal

Fuente: Obrainsa.

Como podemos observar, tenemos un metrado meta y un costo que alcanzar para cumplir con lo planificado durante la semana.

Al término de la semana tuvimos que identificar qué actividades no pudieron realizarse al 100% y cuáles fueron sus causas de no cumplimiento. Los trabajos que no pudieron realizarse por completo fueron:

- Excavación en roca fija, roca suelta, material suelto – Tramo I.
- Obras de Arte – Tramo II.
- Obras de Arte – Tramo III.

Y sus causas de no cumplimiento las siguientes respectivamente:

- **Exceso de lluvias:** Durante la semana hubo presencia excesiva de lluvias, lo cual propició derrumbes en todos los tramos, es así que se distrajo recursos para poder atender dicha necesidad, no ejecutando lo programado.
- **Indefinición de diseño:** Durante la semana recién se aprobó por supervisión el diseño del canal de piedra emboquillada para su próxima ejecución.
- **Problemas con subcontratista:** Demora en el ingreso del personal subcontratista para iniciar las actividades. Según requerimiento del Consorcio Obrainsa – Astaldi todo personal ingresante debe ser registrado en su base de datos por lo cual se generó demoras al momento de la afiliación.

Item	Descripción de la Actividad	Und	P.U. Oferta	Metrado Planeado	Metrado Real	SEMANA 7							ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO					
						L	M	M	J	V	S	D	SI	NO	DETALLE CAUSA DE NO CUMPLIMIENTO	TIPO CAUSA NO CUMPLIMIENTO	MEDIDAS CORRECTIVAS / OBSERVACIONES	
						06	07	08	09	10	11	12						
	TRAMO 3 PAMPAS - PORTAL DE ENTRADA			-														
600	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE			-														
601	EXCAVACION			-														
	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS			-														
	10+621.94 24+073.36	M3	24.00	16.00	12			4	4	4	4			No	Problemas con subcontratista	Subcontrato	Demora en el ingreso del personal subcontratista para iniciar las actividades, según requerimiento del COA todo personal ingresante debe ser registrado en su base de datos por lo cual generó demoras.	
	602.A LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS			-														
24	10+621.94 20+446.05	M3	35.12	39.56	24		8	8	8	8	8			No	Problemas con subcontratista	Subcontrato	Demora en el ingreso del personal subcontratista para iniciar las actividades, según requerimiento del COA todo personal ingresante debe ser registrado en su base de datos por lo cual generó demoras.	
	602.B LIMPIEZA DE CAUCE			-														
	BADEN 18+907.17 19+977.15	M3	29	242.00	200				62	180				No	Problemas con subcontratista	Subcontrato	Demora en el ingreso del personal subcontratista para iniciar las actividades, según requerimiento del COA todo personal ingresante debe ser registrado en su base de datos por lo cual generó demoras.	
	612.B MAESTRERIA DE PIEDRA EMBOQUILLADA			-														
	MURO 11+630 14+417	M3	493	10.64	5				5	5				No	Problemas con subcontratista	Subcontrato	Demora en el ingreso del personal subcontratista para iniciar las actividades, según requerimiento del COA todo personal ingresante debe ser registrado en su base de datos por lo cual generó demoras.	

Figura 32. Seguimiento Planificación Semanal.

Fuente: Obrainsa.

Después de analizar a detalle las causas de no cumplimiento de las actividades que no se pudieron realizar, podemos decir que durante la semana 07 se tuvo un Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC) del 42%.

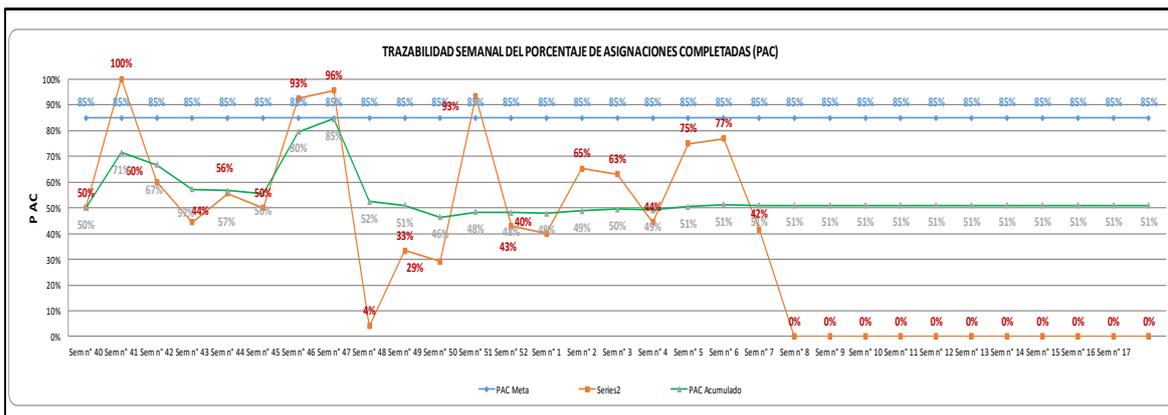


Figura 33. Consolidado PAC Semanal.
Fuente: Obrainsa.

A simple vista, podemos observar un P.A.C muy por debajo de lo óptimo (85%) y se debe a las CNC antes mencionadas.

De las principales CNC semanales se pudo identificar su incidencia en el PAC:

- Problemas con subcontratista: 71.42%
- Exceso de lluvias: 14.29%
- Indefinición de diseño: 14.29%

Gráficamente se puede representar de la siguiente manera:

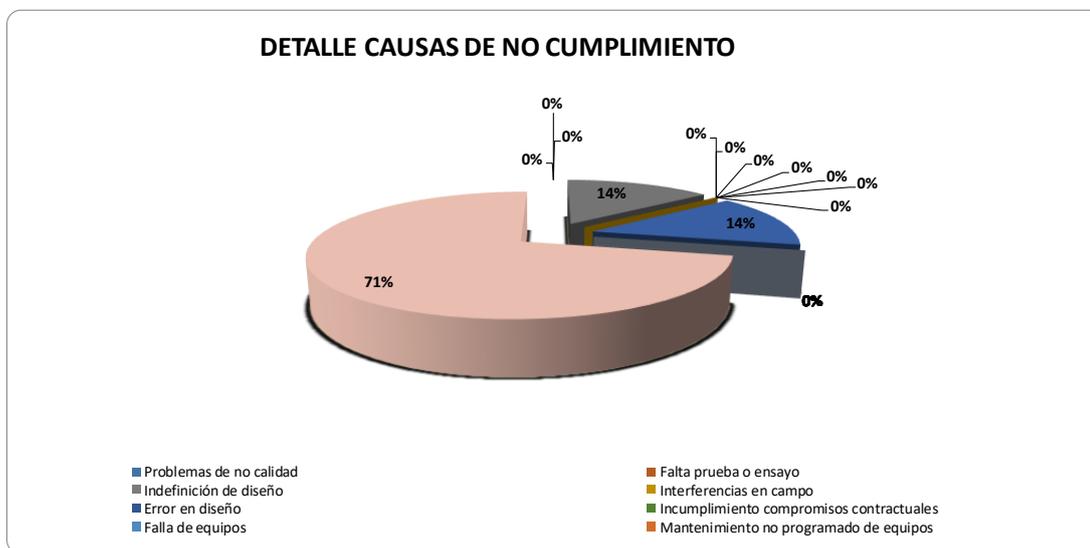


Figura 34. Causas de No Cumplimiento
Fuente: Obrainsa.

Finalmente, después de identificar las CNC semanal, se procede a reprogramar las actividades que no se han podido llevar a cabo en dicha semana, analizando en primer lugar las restricciones que deben levantarse para que esos trabajos puedan ejecutarse. Esto se fija generalmente en las reuniones semanales donde participan todas las áreas del proyecto.

Item	Descripción de la Actividad	Detalle de las Restricciones	Fecha Determinación de Restricción	Fecha Programada de Liberación	Fecha Reprogramada de Liberación	STATUS	Responsable	
							Profesional	Área
	TRAMO 1							
	Obras de Arte	1- Definir subcontratista		15-feb-17		LEVANTADA	MIQUEL CANTURIN	GERENCIA DE OBRA
		2- Estructuras diseñadas, aprobadas y liberadas por supervisión (km 18+000 - km 28+000)		13-ene-17	21-ene-17	LEVANTADA	FERNANDO RAMOS	OFICINA TECNICA
		3- Estructuras diseñadas, aprobadas y liberadas por supervisión (km 28+000 - km 43+519)		31-ene-17	28-feb-17	EN PROCESO	FERNANDO RAMOS	OFICINA TECNICA
		4- Liberación de la nueva Carretera Serrán				POR DEFINIR	MIQUEL CANTURIN	GERENCIA DE OBRA
		4- Afiliación de personal obrero subcontratista (12 personas)		20-feb-17		EN PROCESO	ALEDY CORDOVA	RR.HH.
		5- Afiliación de vigías para proceso constructivo		20-feb-17		LEVANTADA	ALEDY CORDOVA	RR.HH.
		6- Solicitar lista de equipos y requisitos para su ingreso		17-feb-17		LEVANTADA	GUILLEMO GONZALES	EQUIPOS
		7- Realizar acta de contrato para trabajos subcontratados		17-feb-17		EN PROCESO	JAVIER CUADRAO	ADMINISTRACION
		8- Verificar stock de EPP's para proporcionar a subcontratista en caso de emergencia.		17-feb-17		LEVANTADA	JEAN PIERRE LUNA	SSOMA
		9- Programar charla de inducción a personal obrero previa afiliación		19-feb-17		EN PROCESO	JEAN PIERRE LUNA	SSOMA
		10- Verificar permisos y licencias de equipos ingresantes		20-feb-17		LEVANTADA	JEAN PIERRE LUNA	SSOMA
		11- Trazo topográfico en campo de alcantarillas		24-feb-17		EN PROCESO	FERNANDO RAMOS	OFICINA TECNICA
		12- Programar visita a campo con supervisión para definir las alcantarillas antes de ejecutar trabajos		24-feb-17		EN PROCESO	FERNANDO RAMOS	OFICINA TECNICA
		13- Entregar planos de alcantarillas a subcontratistas		24-feb-17		EN PROCESO	FERNANDO RAMOS	OFICINA TECNICA

Figura 35. Status Planificación Semanal

Fuente: Obrainsa.

Como podemos observar, la aplicación del sistema *Last Planner* o Último planificador requiere del compromiso de todas las áreas del proyecto para llevar a cabo la ejecución de las actividades. Este compromiso se ve reflejado en el levantamiento de restricciones, el cuál es el punto de partida para tener éxito en lo planificado semanalmente.

Por otro lado, el último planificador es el responsable de hacer un seguimiento diario para poder comunicar el status en el que se encuentran las restricciones próximas a levantarse. De lo contrario, fracasaría.

3.2.2 Proyecto Modernización de la Refinería de Talara

Pertener a la Área de Productividad del Proyecto de Modernización de la Refinería de Talara permitió conocer de forma directa los procesos constructivos; así mismo controlar, analizar e implementar procedimientos de mejoras, los cuales permiten a su vez dar soporte a todas las áreas retroalimentar al área de presupuestos de la empresa.

De forma objetiva, se puede constatar la relación directa existente del área de Productividad con los objetivos principales del curso “Ingeniería para la Construcción”, tales como:

- Conocer los procesos constructivos fundamentales en edificaciones: Movimiento de tierras, concreto, encofrado, acero de refuerzo, albañilería.
- Desarrollar la habilidad de observar los procesos en obra para facilitar las labores de control.
- Tener conceptos básicos para hacer el cálculo de rendimientos, costos y presupuestos.

Teniendo como base los conocimientos de Valor Ganado, presupuestos y costos unitarios, se pudo establecer un nivel de control adecuado, que permitió a su vez analizar e implementar procedimientos de mejoras en aquellas actividades que así lo requirieron.

3.2.2.1 Desarrollo de experiencias: “Uso de Sistema no Convencionales de Encofrado en el Silos de Finos de Coque”

Uno de los nuevos alcances otorgados por el cliente fue las obras civiles del FCK (Flexicoque), este incluía la construcción de un Silo de Finos de Coque, estructura de concreto armado con una gran cimentación maciza apoyado sobre pilotes hincados de concreto, además un fuste de concreto armado de 40.45 metros de altura y 9.50 metros de radio interno.

Para su construcción se tomó la decisión de controlar el recurso de Mano de Obra empleada, de este modo el área de productividad tuvo vital importancia en la implementación del sistema de control, documentación de principales restricciones y la implementación de mejoras mediante el análisis de la curva de aprendizaje del proceso constructivo en general.

Sistema de Encofrado no convencional:

El método de encofrado utilizado es el Sistema de Encofrado Auto-trepante Hidráulico para los muros exteriores y Sistema de Encofrado Trepante Mecánico para los muros interiores. Para la elección de estos dos sistemas se tomaron en cuenta dos factores importantes:

- La necesidad de un sistema que se adapte al cambio de sección presente a partir del nivel 124.2 en la estructura.
- Mejor alternativa económica (costo/beneficio).

Este sistema está formado por 8 módulos o paneles independientes para el encofrado interior y 12 módulos para el encofrado exterior, los cuáles se aprovechan de forma repetitiva, teniendo como base de sustentación la etapa previa.

El funcionamiento del sistema consiste en izar cada paño, apoyándose en los conos exteriores y huecos interiores, dejados previamente en el concreto fraguado en la etapa anterior.



Figura N° 36. Esquema del proceso constructivo del Silo utilizando el encofrado trepante.

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

El sistema consta de 03 tipos de plataformas:

- **Plataforma superior:** utilizada para el vaciado de concreto.
- **Plataforma intermedia o consola:** que sirven para la circulación del personal, para soportar las herramientas, la maquinaria, los dispositivos e instalaciones precisos para el funcionamiento del encofrado trepante, el montaje de las armaduras en las paredes, colocación de los insertos metálicos, etc.
- **Plataforma inferior (colgante):** colgadas a 3.50 a 4.00 m. bajo las plataformas de trabajo superiores. Sirven para la circulación del personal, para el transporte de los materiales necesarios y para realizar eventuales retoques y acabados de las paredes.

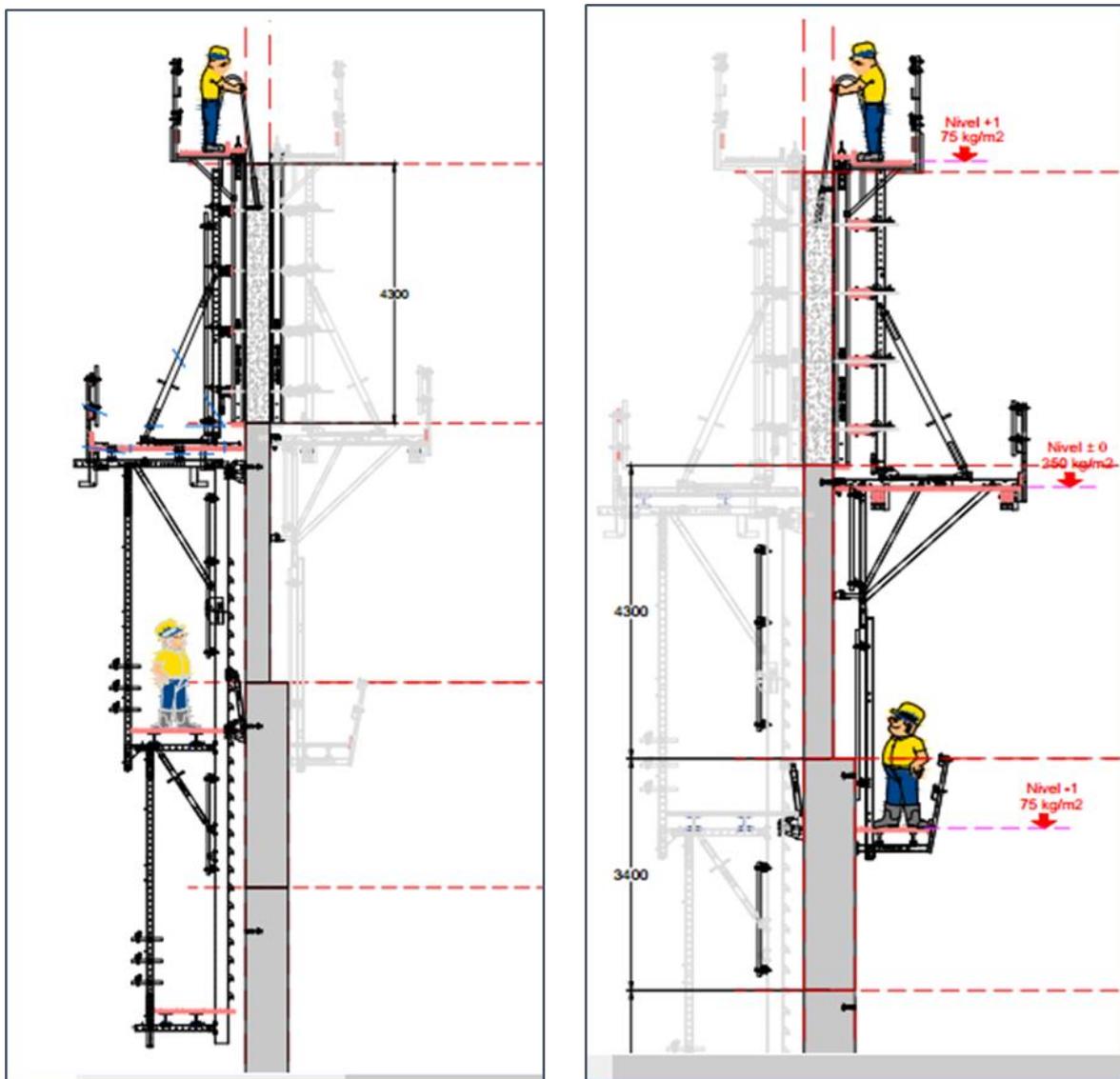


Figura N° 37. (Izquierda) Plataformas exteriores, conformadas por: plataforma superior, intermedia y dos plataformas inferiores colgantes. (Derecha) Plataformas interiores, conformadas por: plataforma superior, intermedia e inferior colgante.

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Ratios de Productividad

A continuación se presentan los ratios de productividad, donde vale la pena centrarse es en analizar el encofrado del Silo.

Concreto en cimentación	Ppto.	Real	Unid.
Metrado	1,996.44	2,000.33	m3
Horas hombre acumuladas	2,435.76	1,304.40	HH
Ratio acumulado	1.22	0.65	HH/m3
Encofrado en cimentación	Ppto.	Real	Unid.
Metrado	309.63	304.12	m2
Horas hombre semanal	776.68	1,100.60	HH
Rendimiento semanal	2.51	3.62	HH/m2
Acero en cimentación	Ppto.	Real	Unid.
Metrado	646.64	646.64	Tn
Horas hombre semanal	17,558.81	14,467.08	HH
Rendimiento semanal	27.15	22.37	HH/Tn
Concreto en fuste de silo	Ppto.	Real	Unid.
Metrado	836.97	642.00	m3
Horas hombre acumuladas	1,514.46	2,677.50	HH
Ratio acumulado	1.81	4.17	HH/m3
Encofrado en fuste de silo	Ppto.	Real	Unid.
Metrado	2,649.00	2,391.00	m2
Horas hombre semanal	5,924.12	16,234.50	HH
Rendimiento semanal	2.24	6.79	HH/m2
Acero en fuste de silo	Ppto.	Real	Unid.
Metrado	253.14	292.34	Tn
Horas hombre semanal	12,192.50	12,017.50	HH
Rendimiento semanal	48.16	41.11	HH/Tn

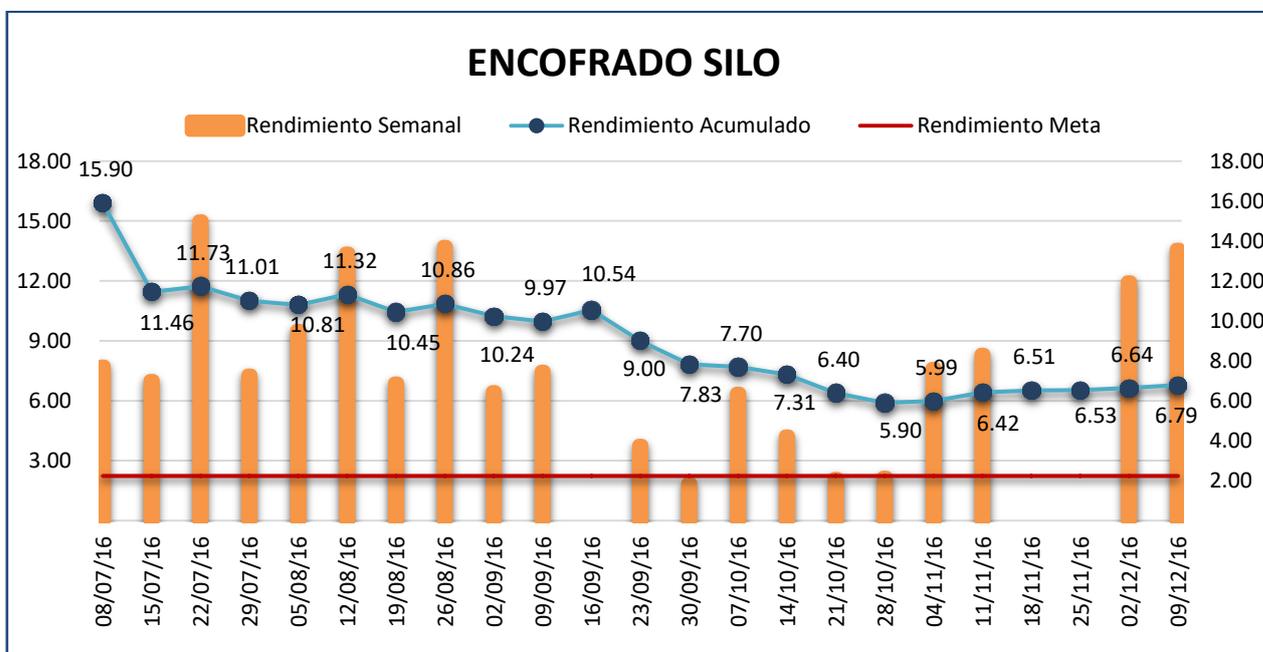


Figura N° 38. Ratios de productividad del encofrado del Silo.

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

Resultados de muestreo de productividad en trabajos de vaciado de concreto.

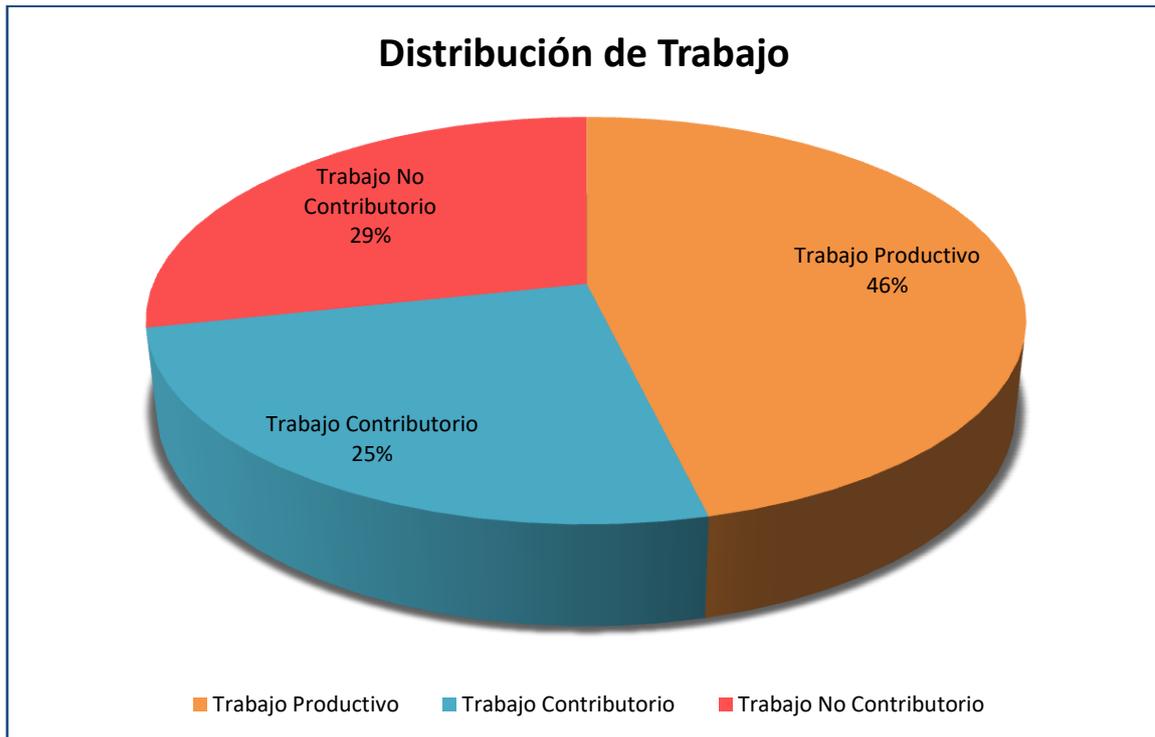


Figura 39. Distribución de trabajo obtenido.

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

El % de Trabajo Productivo tiene un significativo margen de mejora, el cual pasa por minimizar el trabajo contributivo y eliminar el trabajo no contributivo.

El gráfico detallado del desempeño por persona evaluada muestra cómo el % de Trabajo no contributivo recae principalmente en 1 persona quien permanece en stand by. Idear alternativas que permitan maximizar la productividad de la cuadrilla pasa por hacer un análisis de las funciones de cada persona, lo cual, podría resultar en una redistribución de la cuadrilla.

A continuación se explican las principales causas de tiempos no contributivos:

- Espera: Por cambio de mixer. En promedio la demora es de 10-15 min.
- Tiempo ocioso: Tiempo ocioso generado por los obreros cuando realizan la actividad.
- Transporte: Transporte de materiales y equipos. Condiciones de espacio limitadas que incrementan los tiempos de transporte.
- Desplazamientos: Atravesando espacio de la plataforma.

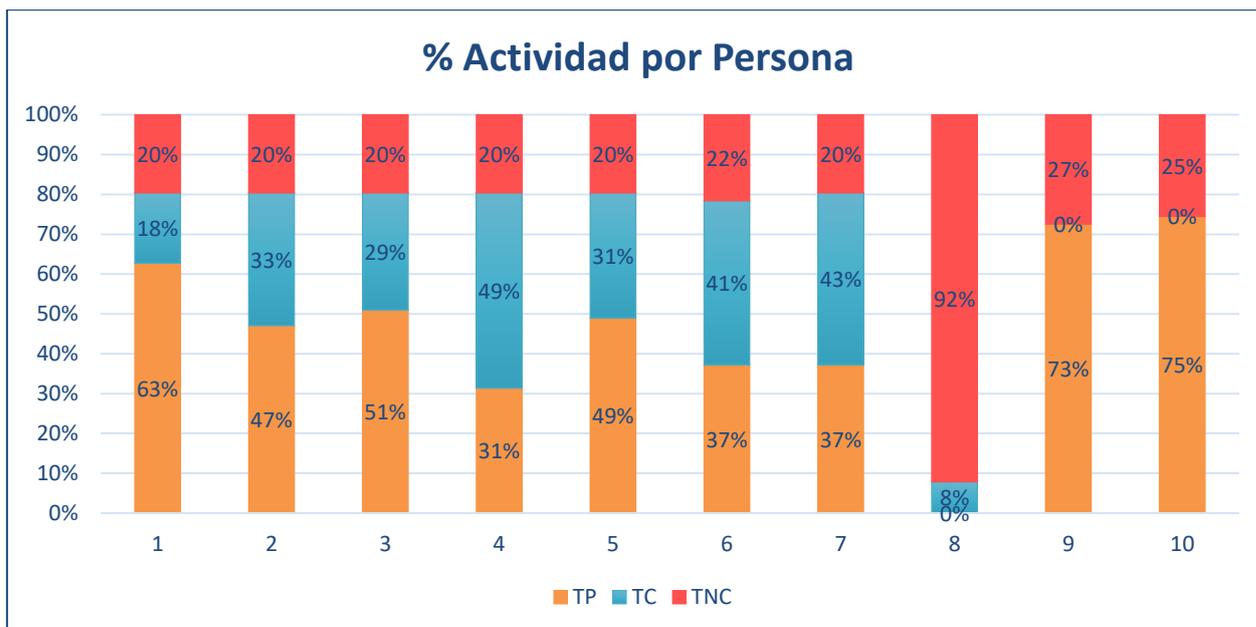


Figura 40. Distribución del tipo de trabajo ejecutado por persona.

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

- La cuadrilla promedio de encofrado está conformada por 16 personas.
- El encofrado convencional se utilizó hasta el 2do vaciado de concreto (Nivel 111) a partir del cual se dio inicio al uso del sistema de encofrado trepante.

Lecciones Aprendidas

Los ratios acumulados del concreto, se puede mencionar que se ha generado un aumento de las HH debido principalmente a las actividades de resanes como los orificios de los conos del sistema de encofrado trepante y juntas de construcción.

Los ratios de acero, obtuvieron un buen performance debido a los siguientes factores:

- a) personal calificado,
- b) diseño con alta densidad de acero respecto al concreto 399.31 kg/m³,
- c) buen aprovisionamiento de acero dimensionado en obra.

Los ratios acumulados de encofrado, se puede notar un gran consumo de HH al inicio esto debido a cuatro factores claves:

- a) armado de encofrado (armar paneles para los sistemas trepante y auto trepante)
- b) proceso de aprendizaje del personal carpintero (inexperto en el armado y uso)
- c) presencia de vanos en los primeros niveles del fuste, y
- d) cambios en la ingeniería del cliente. En la figura 03 se puede apreciar que a partir de la séptima alzada inicia a disminuir el consumo de 7.38 HH/m² hasta alcanzar en la última alzada llegar a 5.90 HH/m²

A continuación se presenta la curva de aprendizaje que se obtuvo para el sistema de Encofrado empleado.

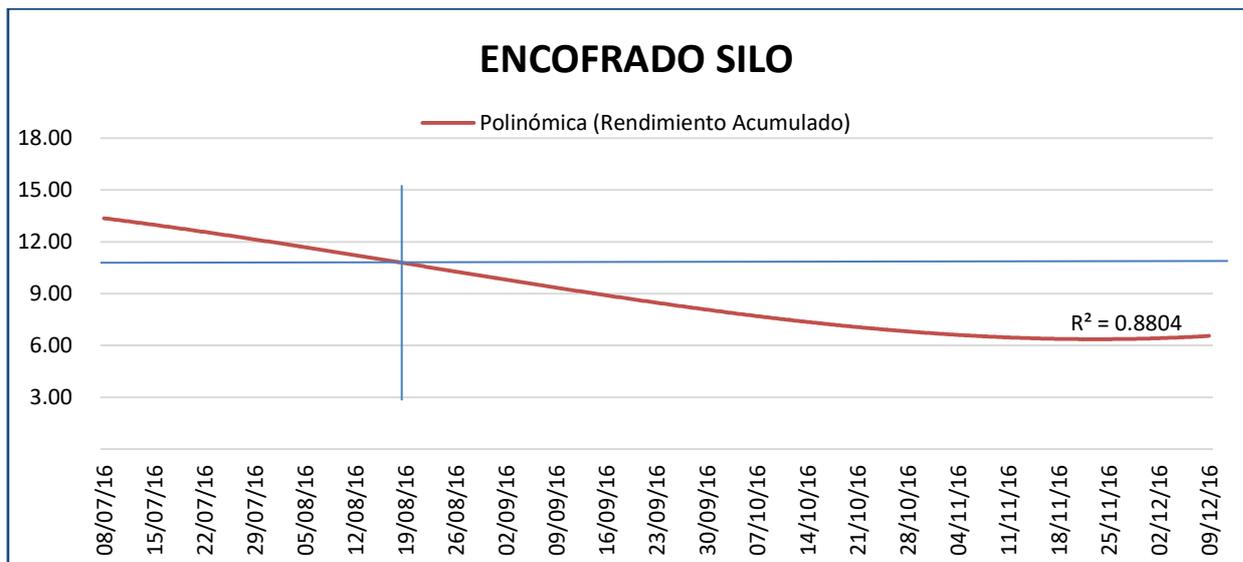


Figura 36: Curva de aprendizaje para el sistema de encofrado.

Fuente: Inf. Final de Productividad – Refinería Talara.

- La tendencia que arroja la curva es consecuencia directa del proceso de aprendizaje por el que pasa la actividad (Mejora continua - “Kaizen”), así esta repetición del método constructivo hace que las actividades se desarrollen con mayor productividad.
- Así mismo, al analizar la línea de tendencia que tiene el rendimiento acumulado del encofrado, se puede observar que a partir de la semana del 19 – Agosto existe una notoria mejora en el rendimiento de esta actividad. Esto se debe a que a partir de esta semana se superó el Nivel 111.00, lo que significa la efectiva utilización del **Sistema Combinado de Encofrado Auto-trepante Hidráulico y Encofrado Trepante Mecánico**. Con esto queda comprobado que la efectividad de este sistema de encofrado se da especialmente en estructuras de grandes alturas.
- El gasto de recursos, originado semanas anteriores principalmente por el armado de los paneles y plataformas que se utilizarán continuamente, se ve compensado por el buen rendimiento obtenido en niveles superiores.

Recomendaciones

Para la selección de la solución del sistema de encofrados para Silo de Concreto Armado de 40 metros de altura, debemos de considerar lo siguiente:

- a) Las primeras tres alzadas se realizan con encofrados tradicionales por motivos de armar y desarrollar el sistema auto trepante que contiene varias plataformas de trabajo,

- b) Tomar en consideración el tiempo de aprendizaje del personal carpintero a utilizar, en esta oportunidad se pudo apreciar que después de la sexta alzada se dio mejoras,
- c) Realizar un comparativo de costos entre utilizar sistema auto trepante y sistema tradicional para altura de 40 metros o doce alzadas, incluyendo esperas por vanos, adecuaciones por variación de secciones y cambios de ingeniería.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

LAST PLANNER:

- Se recomienda el constante compromiso de todas las áreas del proyecto en las reuniones semanales con el fin de identificar las principales causas de no cumplimiento que no permitieron realizar algunas actividades de las que fueron programadas y de esta manera poder tomar acción para su pronta solución.
- Cada área es responsable de la generación de sus propias restricciones que tendrán que ser levantadas en un tiempo determinado para la ejecución de las tareas planificadas.
- Es tarea del último planificador, el seguimiento diario del status de cada actividad programada semanalmente, con la finalidad de no tener inconvenientes en la realización de estas.
- Se recomienda no descuidar el avance mínimo del CAO (Calendario Actualizado de Obra) en nuestra programación, debido a que nuestra programación compromiso mensual debe representar como mínimo el 80% de lo que se refleja en el CAO mensualmente. De esta manera evitamos el caer en un **Calendario Acelerado** de obra.

PRODUCTIVIDAD

- Es importante la correcta definición, distribución, comunicación y oportuna capacitación para el correcto faseo de los recursos utilizados en el proyecto.
- De este modo se asegura oportunamente la Calidad de la información recibida de campo (partes diarios, partes de equipos, reportes de almacén y reportes de avance o producción diaria)
- Promover la cultura de Medición y Mejora Continua – “Kaizen” a través de capacitaciones mensuales, preferentemente personalizadas y siempre coordinadas con el área de Producción.
- Participación activa del Ingeniero de Productividad en las reuniones de *Last Planner* con el fin de dar soporte al área de Producción sobre las actividades observadas en campo y el levantamiento de restricciones.

- Identificar correctamente los procesos con mayor porcentaje de Oportunidad de Mejoras y a un adecuado porcentaje de avance del proyecto. Esto permite realizar estudios de productividad y plantear procesos de mejora a aquellas actividades que aportarán un % considerable en la optimización de recursos.
- Apoyarse de los estudios de Productividad realizados en campo para replantear el flujo de actividades de los procesos más incidentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballard, G. (2000). **“The Last Planner System of Production Control”**, Sustentación Doctorado, Universidad of Birmingham, Birmingham, Inglaterra.
- HOWELL, Gregory A. (2002), **A guide for new users of the Last Planner system, nine steps for success**, Lean Projects Consulting.
- Schexnayder, C. y Mayo, R. (2004). **“Construction Management Fundamentals”**, McGraw-Hill. New York.
- ALARCÓN Luis Fernando. (2008), **Guía para la implementación del sistema del último planificador, GEPUC**, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- L. Helfer (2016), **Manual de Gestión de Proyectos (MGP)**, Universidad Corporativa Cosapi.
- L. Gotelli (2010), **“Procedimiento para la elaboración del Informe Semanal de Producción (ISP)**, Universidad Corporativa Cosapi.
- J. Barboza (2015), **“Fundamentos de Productividad”**, Universidad Corporativa Cosapi.
- S. PRESA (2017), **Aplicación de la metodología Lean Six Sigma en la mejora continua de procesos: Un estudio de caso**, PMI Madrid, Spain Chapter.