

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



***PROPONER UN SISTEMA DE MEJORA DE LA  
PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTA  
DEL LOOKAHEAD EN EL PROYECTO “NUEVO  
ALMACÉN-UNITRADE”***

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CHÁVEZ DÍAZ ESTHER EMPERATRIZ**

**Bach. PARDO JAVIER KELLY**

**ASESOR: Mg./Ing. TORRES PÉREZ LUIS ENRIQUE**

**LIMA – PERÚ**

**AÑO: 2015**

## **DEDICATORIA**

A Dios por iluminarme en mi camino.

A mis padres, por su amor trabajo y sacrificios en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanos, por siempre brindarme ánimos y su apoyo.

A mi compañera de tesis, que con sus conocimientos brindo aportes valiosos para el desarrollo de esta investigación.

**Esther Emperatriz Chávez Díaz**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada a Dios, por darme la fortaleza, fe y salud necesarias para conseguir mis metas, pese a las adversidades que se presenten en el camino.

A mis padres, en especial a mi madre por darme su amor y apoyo incondicional sobre todo por la confianza y libertad que me dieron para decidir mí camino.

A mis hermanos, por ser el incentivo para seguir adelante con mis objetivos con sus consejos y apoyo.

A mi compañera de tesis, por brindarme respeto, solidaridad y apoyo en el proceso de esta investigación.

**Kelly Pardo Javier**

## **AGRADECIMIENTO**

A la UNIVERSIDAD RICARDO PALMA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

También me gustaría agradecer a nuestros profesores que durante toda nuestra carrera profesional nos han aportado con nuestra formación.

De igual manera agradecer a nuestro asesor de Investigación y de Tesis de Grado, Mg. /Ing. Luis Torres por darnos toda la ayuda y confianza para la realización y cumplimiento de lo acontecido.

A la empresa Servimetales S.A.C. por apoyarnos en la realización de nuestra tesis, facilitándonos la información requerida.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestra vida profesional a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestra vida. Algunas están con nosotras y otras en nuestros recuerdos y corazones, sin importar en donde estén queremos darles las gracias por formar parte de nuestra vida, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

**Esther Chávez D. y Kelly Pardo J.**

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>- 2 -</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	- 2 -
1.2 Formulación del problema .....	- 4 -
1.2.1 Problema principal .....	- 4 -
1.2.2 Problemas secundarios .....	- 4 -
1.3 Objetivos de la investigación .....	- 5 -
1.3.1 Objetivo principal .....	- 5 -
1.3.2 Objetivo secundarios .....	- 6 -
1.4 Justificación de la investigación .....	- 7 -
1.5 Limitaciones de la investigación.....	- 9 -
1.6 Viabilidad de la investigación .....	- 9 -
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>- 11 -</b>
2.1 Antecedentes de la Investigación .....	- 11 -
En el ámbito internacional: .....	- 11 -
En el ámbito nacional: .....	- 14 -
2.2 Bases teóricas .....	- 16 -
2.2.1 Lean Production: .....	- 16 -
2.2.2 Lean Construction.....	- 17 -
2.2.3 Modelo de producción de Lean Construction .....	- 18 -
2.2.4 Modelo de Conversión.....	- 20 -
2.2.5 Control de Actividades.....	- 20 -
2.3 Formulación de hipótesis .....	- 21 -
2.3.1 Hipótesis general .....	- 21 -
2.3.2 Hipótesis específicas .....	- 21 -
2.3.3 Variables.....	- 22 -
2.3.4 Definición conceptual de las variables.....	- 23 -

2.3.5 Operacionalización de las variables .....	- 24 -
2.3.5.1 Operacionalización de las variables de la Hipótesis General .	- 24 -
2.3.5.2 Operacionalización de las variables de la Hipótesis Secundarias .	- 25 -
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>- 28 -</b>
3.1 Diseño de la investigación .....	- 28 -
3.2 Población y muestra .....	- 29 -
3.3 Técnicas de recolección de datos.....	- 30 -
3.3.1 Descripción de los instrumentos.....	- 30 -
3.3.2 Validez y confiabilidad de los instrumentos .....	- 31 -
3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos .....	- 31 -
3.5 Aspectos éticos.....	- 31 -
<b>CAPÍTULO IV: SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR-SUP (LAST PLANNER).....</b>	<b>- 32 -</b>
4.1 Planificación maestra.....	- 32 -
4.1.1 Sectorización .....	- 33 -
4.1.2 Tren de Actividades .....	- 33 -
4.2 Planificación Intermedia (Lookahead).....	- 34 -
4.2.1 Análisis de restricciones .....	- 35 -
4.3 Planificación semanal .....	- 35 -
4.3.1 Porcentaje de plan cumplido (PPC).....	- 36 -
4.3.2 Reunión de planificación semanal .....	- 36 -
4.4 Planificación diaria .....	- 37 -
<b>CAPÍTULO V: APLICACIÓN DEL LAST PLANNER EN EL PROYECTO..</b>	<b>- 38 -</b>
5.1 Proyecto “Nuevo Almacén – Unitrade S.A.C.” para la aplicación del Last Planner .....	- 38 -
5.1.1 Descripción de la empresa .....	- 38 -
5.1.2 Descripción del proyecto .....	- 39 -

5.2 Aplicación del Last Planner en el proyecto .....	- 44 -
5.2.1 Planificación maestra.....	- 45 -
5.2.1.1 Sectorización de la Etapa de Fabricación .....	- 49 -
5.2.1.1.1 Elementos Verticales: .....	- 52 -
5.2.1.1.2 Elementos Horizontales .....	- 54 -
5.2.1.1.3 Elementos Transversales.....	- 55 -
5.2.1.2 Tren de actividades .....	- 58 -
5.2.2 Planificación Intermedia (Lookahead Planning).....	- 61 -
5.2.3 Análisis de restricciones .....	- 64 -
5.2.4 Planificación semanal.....	- 69 -
5.2.5 Planificación diaria.....	- 71 -
5.2.6 Control de Actividades.....	- 72 -
5.2.6.1 Descripción de secuencia de control de actividades .....	- 74 -
<b>CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>- 78 -</b>
6.1 Análisis e interpretación de resultados .....	- 78 -
6.2 Resultados de la investigación .....	- 93 -
6.3 Contrastación de hipótesis.....	- 94 -
6.3.1 Hipótesis General .....	- 94 -
6.3.2 Hipótesis específica 1.....	- 95 -
6.3.3 Hipótesis específica 2.....	- 95 -
6.3.4 Hipótesis específica 3.....	- 96 -
<b>CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN .....</b>	<b>- 97 -</b>
7.1 DISCUSIONES .....	- 97 -
CONCLUSIONES .....	- 99 -
RECOMENDACIONES .....	- 101 -
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>- 103 -</b>
Referencias bibliográficas:.....	- 103 -
Referencias electrónicas.....	- 103 -





## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia (Fuente: Propia).....	107 -
Anexo 2: Cuadro de operacionalización de variables (Fuente: Propia).....	109 -
Anexo 3: Presupuesto Nuevo Almacén – Unitrade S.A.C. (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	110 -
Anexo 4: Productividad de la Mano de Obra (Fuente: Servimetales S.A.C.) -	113 -
-	
Anexo5: Plano en planta de Estructuras de Columnas (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	114 -
Anexo 6: Plano en planta de Estructuras de Techo (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	115 -
Anexo 7: Plano en planta de Estructuras de Viguetas (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	116 -
Anexo 8: Registro de Análisis de Restricciones (Fuente: Propia) .....	117 -
Anexo 9: Modelo de Control de Modulación y Dimensional - Columna (Fuente: Propia).....	118 -
Anexo 10: Modelo de Control de Verificación de Corte - Columna (Fuente: Propia).....	119 -
Anexo 11: Modelo de Control Pre Armado - Columna (Fuente: Propia) ....	120 -
Anexo 12: Modelo de Control Soldadura - Columna (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	121 -
Anexo 13: Modelo de Control de Limpieza Mecánica. (Fuente: Propia) ....	122 -
Anexo 14: Modelo de Control de Arenado - Columna (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	123 -
Anexo 15: Modelo de Control de Dosificación de Pintura - Columna (Fuente: Propia).....	124 -
Anexo 16: Modelo de Control de Vacíos- Columna (Fuente: Propia).....	125 -
Anexo 17: Modelo de Control de Espesor - Columna (Fuente: Propia) .....	126 -
Anexo 18: Modelo de Control Dimensional- Arco (Fuente: Servimetales S.A.C.)-	127 -
-	
Anexo 19: Modelo de Modulación de material y cantidad. (Fuente: Propia) -	128
-	

Anexo 20: Modelo de Control Visual para modelo de arco, colocación de refuerzo para soldadura y puntos de soldadura. (Fuente: Propia).....	- 129 -
Anexo 21: Modelo de Control de Soldadura - Arco (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	- 130 -
Anexo 22: Modelo de Control de Revirado de Arcos. (Fuente: Propia).....	- 131 -
Anexo 23: Modelo de Control de Limpieza Mecánica. (Fuente: Propia) ....	- 132 -
Anexo 24: Modelo de Control de Arenado - Arco (Fuente: Servimetales S.A.C.)-	133 -
Anexo 25: Modelo de Control de Dosificación de Pintura- Arco (Fuente: Propia)-	134 -
Anexo 26: Modelo de Control de Vacíos- Arco (Fuente: Propia).....	- 135 -
Anexo 27: Modelo de Control de Espesor Pintura - Arco (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	- 136 -

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Composición del PBI en el Perú (Fuente: INEI) .....	- 2 -
Figura 2: Clasificación de actividades según Lean Production (Fuente: Guzmán, 2014) .....	- 17 -
Figura 3: Comparación entre las diferentes visiones de producción (Fuente: Aguirre, 2013).....	- 19 -
Figura 4: Modelo de Conversión (Fuente: Leal, 2010) .....	- 20 -
Figura 5: Ubicación del proyecto "Nuevo Almacén-Unitrade S.A.C" (Fuente: Propia).....	- 40 -
Figura 6: Plano de Cimentación (Fuente: Propia) .....	- 41 -
Figura 7: Plano de la Planta del Nuevo Almacén (Fuente: Propia) .....	- 42 -
Figura 8: Plano de Eje 1 de vista de elevación (Fuente: Propia).....	- 43 -
Figura 9: Secuencia de Last Planner del Proyecto (Fuente: Propia).....	- 45 -
Figura 10: Parte de la Planificación General de la Obra (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	- 46 -
Figura 11: Cronograma de la Etapa de fabricación (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	- 47 -
Figura 12: Proceso de sectorización para techos de estructura metálica (Fuente: Propia).....	- 51 -
Figura 13: Elementos Verticales – Columnas. (Fuente: Servimetales S.A.C.)- 53	-
Figura 14: Elementos Horizontales- Arcos Parabólicos. (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	- 55 -
Figura 15: Estructura de Techo, Elementos Transversales – Viguetas. (Fuente: Servimetales S.A.C.) .....	- 57 -
Figura 16: Lookahead cada 4 semanas, según el tiempo del proyecto (Fuente: Propia).....	- 61 -
Figura 17: Ciclo de Análisis de Restricciones (Fuente: Propia) .....	- 64 -
Figura 18: Secuencia del control de actividades de la partida Columna (Fuente: Propia).....	- 75 -

Figura 19: Secuencia del control de actividades de la partida Arco (Fuente: Propia).....	- 77 -
Figura 20: Costo Directo del Presupuesto de Estructuras Metálicas - Etapa de Casco (Fuente: Servimetales S.A.C.).....	- 79 -
Figura 21: Comparación Porcentual de Horas Hombre Totales para el Proceso de Fabricación de Estructuras Metálicas- Etapa del Arco. (Fuente: Propia) -	84 -
Figura 22: Comparación Porcentual de la Mano de Obra del presupuesto versus la Mano de Obra del ahorro. (Fuente: Propia) .....	- 85 -
Figura 23: Comparación Porcentual del Costo Directo del presupuesto de Fabricación del casco versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead. (Fuente: Propia) .....	- 86 -
Figura 24: Comparación Porcentual del Costo Directo del presupuesto total de fabricación de Estructura Metálicas versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead. (Fuente: Propia).....	- 87 -
Figura 25: Comparación Porcentual del Costo Directo del presupuesto total versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra de Lookahead etapa fabricación nivel casco. (Fuente: Propia) .....	- 88 -
Figura 26: Representación porcentual de la programación de Días entre el Cronograma de la empresa SERVIMETALES y el planificado en base al Lookahead (Fuente: Propia).....	- 89 -
Figura 27: Control de Actividades detectando reprocesos (Fuente: Propia) -	90 -
Figura 28: Restricciones liberadas a tiempo, de las actividades de la partida de arco (Fuente: Propia).....	- 91 -
Figura 29: Restricciones no liberadas a tiempo, de las actividades de la partida de arco (Fuente: Propia).....	- 92 -

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Planificación Maestra de Fabricación (Fuente: Propia) .....	49 -
Tabla 2: Sectorización de Elementos Verticales, según plano. (Fuente: Propia) - 52 -	
Tabla 3: Leyenda de elementos verticales, según tabla 2. (Fuente: Propia) -	52 -
Tabla 4: Sectorización de Elementos Horizontales según plano. (Fuente: Propia).....	54 -
Tabla 5: Leyenda de Elementos Horizontales, según Tabla 4. (Fuente: Propia) -	54 -
Tabla 6: Sectorización de Elementos Verticales, según plano. (Fuente: Propia) -	56 -
Tabla 7: Leyenda para elementos Transversales, según Tabla 6. (Fuente: Propia).....	56 -
Tabla 8: Metrado y Duración de la Sectorización de actividades (Fuente Propia) .....	58 -
Tabla 9: Tren de Actividades del proceso de fabricación de la etapa del casco (Fuente: Propia).....	60 -
Tabla 10: Planificación Diaria para el viernes 14 de agosto (Fuente: Propia) -	71 -
Tabla 11: Presupuesto de Estructuras Metálicas - Etapa de Casco (Fuente: Servimetales S.A.C.) .....	78 -
Tabla 12: Análisis de Horas Hombre Trabajadas totales que se extrajo de la Planificación Maestra del Lookahead (Fuente: Propia) .....	82 -
Tabla 13: Análisis de precios Unitarios que se extrajo del costo de Mano de Obra de la Planificación Maestra del Lookahead (Fuente: Propia).....	83 -
Tabla 14: Evaluación del total de Horas Hombre de la etapa de fabricación (Fuente: Propia).....	83 -
Tabla 15: Evaluación del Costo Directo de la Mano de Obra de la etapa de fabricación (Fuente: Propia) .....	85 -

Tabla 16: Costo Directo del presupuesto de Fabricación del casco versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead. (Fuente: Propia).....	- 86 -
Tabla 17: Costo Directo del presupuesto de Fabricación de Estructuras Metálicas versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead. (Fuente: Propia) .....	- 87 -
Tabla 18: Costo Directo del presupuesto total versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead. (Fuente: Propia) -	88 -
Tabla 19: Diferencia de programación de Días entre el Cronograma de la empresa SERVIMETALES y el planificado en base al Lookahead. (Fuente: Propia).....	- 89 -

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Características de la producción en el modelo Lean (Fuente: Aguirre, 2013) .....	- 18 -
Cuadro 2: Lookahead para cuatro semanas, en la etapa de fabricación del casco (Fuente: Propia) .....	- 63 -
Cuadro 3: Análisis de Restricciones para la semana cuatro (Fuente: Propia) -	66
-	
Cuadro 4: Análisis de Restricciones para la semana dos (Fuente: Propia) .	- 67 -
Cuadro 5: Distribución de Cuadrillas en la etapa de fabricación del casco (Fuente: Propia).....	- 68 -
Cuadro 6: Planificación Semanal de la semana dos (Fuente: Propia) .....	- 70 -
Cuadro 7: Listas de control de las actividades de Producción para el proceso de Fabricación del casco (Fuente: Propia) .....	- 73 -

## RESUMEN

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo que resuelve el problema de la productividad en la fabricación de estructuras metálicas que influye en los costos de la empresa Servicios Metálicos Especializados S.A.C., y para resolver este problema se trazó mejorar la productividad en la fabricación de estructuras metálicas para minimizar los costos de la empresa, aplicando la herramienta del Lookahead, que es de la metodología del Last Planner System que viene de la filosofía Lean Construction. Obteniendo una mejor planificación en el proyecto “Nuevo Almacén – Unitrade S.A.C.”, logrando un ahorro del 11.97% en los costos directos de mano de obra de fabricación de estructuras metálicas de la etapa casco, ya que se logró reducir el tiempo en un 40% comparado con el cronograma elaborado por la empresa, lo que nos dio un ahorro del 6.00% del costo directo total del proyecto.

Palabras Claves: Productividad, costos, rendimiento, control de actividades y reprocesos.



## ABSTRACT

This research is a quantitative approach that solves the problem of productivity in the manufacture of metal structures influencing costs Servicios Metálicos Especializados S.A.C., and to solve this problem was traced improve productivity in manufacturing steel structures for minimize the costs of the company, Lookahead applying tool, which is the methodology of the Last Planner System next Lean Construction philosophy. It getting better planning in the “Nuevo Almacén – Unitrade S.A.C.” project, achieving a saving of 11.97% on the direct costs of labor manufacturing metal structures of town stage, since it is possible to reduce time by 40% compared with the schedule prepared by the company, which gave a saving of 6.00% of the total direct cost of the project.

Keywords: Productivity, costs, performance, check activities and rework.

## INTRODUCCIÓN

El rubro del sector metalmecánico viene creciendo significativamente en el Perú debido al déficit de infraestructuras existentes con este material, como es el caso de edificaciones o centros comerciales. Sin embargo, la mayoría de las MYPES se rige por un sistema de construcción tradicional con procedimientos de producción ineficientes lo que los limita a crecer y hacer más competitivos.

La planificación y ejecución de los proyectos de estructuras metálicas en el Perú está en proceso de cambio, ya que las grandes empresas están implementando la metodología Lean Construction para sus proyectos, es por eso es necesario que las MYPES adopten también esta metodología para minimizar los costos de sus proyectos y ser más competitivos en el mercado. Su implementación está acompañada de una mejora continua ya que se trata de minimizar los procesos que no aporten valor al producto final, mejorando los procesos de producción, para lograr tener una mayor eficiencia y resultar ser más competitivos en su rubro. Estos cambios que vienen dándose en el Perú, incluyen nuevas metodologías de construcción, entre las cuales está la filosofía Lean construction. Esta filosofía tiene la intención de mejorar a gran nivel la producción de nuestra industria con su metodología de trabajo enfocada en la reducción de los desperdicios a través de las herramientas que propone, propias de su sistema o de otras corrientes, siendo las más importantes de ellas el Last Planner System, Sectorización, tren de actividades, Lookahead, programación semanal, programación diaria y para la evaluación de los procesos se hace el uso de las cartas de balance y el porcentaje del plan cumplido.

En el presente trabajo se aplican los conceptos del “Lean Construction” o “construcción sin pérdidas”, alternativa que se viene usando con buenos resultados en las mejores empresas del mundo y desde hace algunos años en nuestro país, a un proyecto de estructuras metálicas para poder estudiar los resultados del uso y compararlo con estándares de resultados de obras realizadas mediante la metodología tradicional de construcción en el Perú.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

Dentro del país, uno de los sectores que se consolida debido a su importancia y crecimiento anual es el de las industrias manufactureras, no solo debido a que añaden valor agregado a la economía, sino porque además acaparan un porcentaje considerable de la mano de obra nacional, de las cuales la industria metalmecánica ha reportado un pronunciado crecimiento, sostenido en los últimos años. En nuestros días aporta el 16% del Producto Bruto Interno (PBI) nacional, los sectores más beneficiados de los productos de las metalmecánicas han sido la construcción y la industria manufacturera (las fuentes de materia prima para el sector metalmecánico son la minería con un 50%, el otro 50% lo conforma la industria pesquera, entre otras, como se ve en la Figura 1).

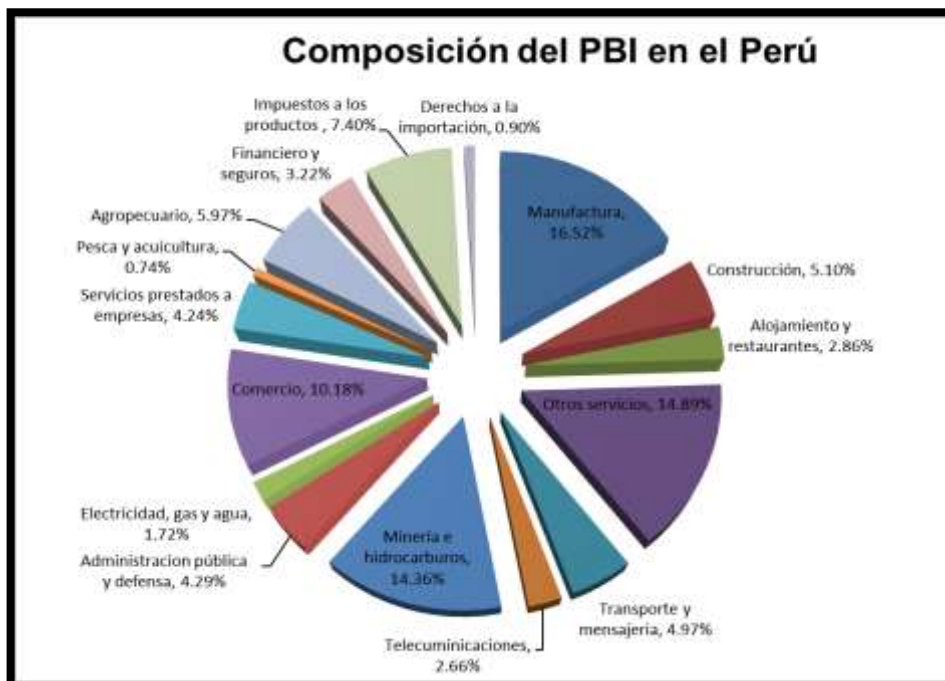


Figura 1: Composición del PBI en el Perú (Fuente: INEI)

Sin embargo a pesar de la evolución del sector metalmecánica, la mayoría de las Medianas y Pequeñas Empresas (MYPES) no generan muchas ganancias, ya que tiene deficiencias en su productividad, debido a que se rigen por un sistema de producción tradicional con procedimientos de fabricación ineficientes en algunos casos, entre los más resaltantes son:

En primer lugar, se tiene que muchas veces el rendimiento de mano de obra es más bajo del estimado para cada proceso, esto se debe a que en la elaboración del presupuesto se colocan tiempos de fabricación estimados en base a la experiencia del Jefe de taller y jefe de operaciones, y luego cuando se está en la etapa de fabricación los tiempos resultan mayores generando horas extras.

El segundo y el más recurrente es que los trabajos estén mal hechos en cualquier proceso de fabricación y esto lleva a volver a repetir el proceso para corregir los errores o hacer la pieza o estructura que falta, ya que no existe un secuencia y control de actividades por parte del Jefe de taller. Todo lo anterior hace referencia a que se tiene una productividad poco eficiente ya que se genera reprocesos.

En tercer lugar, es la paralización del proceso de fabricación a causa de la falta de abastecimiento de materia prima o insumos que son necesarios para iniciar o culminar cada etapa de fabricación, esto puede deberse a la falta de planificación del requerimiento de materiales de acuerdo a las etapas de fabricación o a un mal inventario.

De acuerdo a lo anterior la planificación y ejecución de los proyectos de construcción (referidos a metalmecánica) en el Perú está en proceso de cambio. Su implementación está acompañada de un avance tecnológico que no está a la medida de la industrialización, pero que poco a poco va haciendo más competitivo y productivo. Estos cambios que vienen dándose en el Perú,

incluyen nuevas metodologías de construcción, entre las cuales está la filosofía Lean construction. Esta filosofía tiene la intención de mejorar a gran nivel la producción de nuestra industria con su metodología de trabajo enfocada en la reducción de los desperdicios a través de las herramientas que propone, propias de su sistema o de otras corrientes, siendo las herramientas más importantes dentro del Last Planner System: la Sectorización, tren de actividades, Planificación Maestra, Lookahead, Teoría de restricciones, Programación semanal, Porcentaje de plan cumplimiento y la programación diaria.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema principal

La mayoría de presupuestos elaborados por una MYPE dedicada al sector metalmeccánico consta de tres partes principales: Suministro de materiales e insumos, Fabricación de estructuras metálicas y Montaje de estructuras metálicas. En la mayoría de casos la parte de fabricación es la que presenta mayor dificultad, ya que se utiliza más recursos (mano de obra e insumos) en uno o más procesos de producción por ende una baja productividad en la fabricación, esto genera retrasos en la parte del montaje de la estructura y con ello genera sobrecostos para la empresa, ya que el proyecto no genera ganancias por el contrario pérdidas. Es por eso que:

Se piensa que la productividad en la fabricación de estructuras metálicas influye en los costos del proyecto.

### 1.2.2 Problemas secundarios

- Una parte importante en la fabricación de estructuras metálicas es el rendimiento de mano de obra ya que si es baja (por falta de capacitación, se retrasa por falta de insumos, material o maquinaria para trabajar), no se acabará en el plazo estimado para cada proceso

de fabricación, es por eso que las empresas deciden realizar horas extras para cumplir el plazo establecido, generando sobrecostos en esta etapa.

Se piensa que el rendimiento de la mano de obra, influye en los costos de producción de la etapa de fabricación.

- Muchas veces en la etapa de fabricación de estructuras metálicas no se toma en cuenta la supervisión de la secuencia de actividades del proceso de fabricación, ocasionando que se vuelva a realizar el trabajo, ya que falta completar elementos o realizaron un mal trabajo. Se cree que el control de actividades del área de producción minimiza los reprocesos de la fabricación de estructuras metálicas.
- Otras de las dificultades que presenta la fabricación de estructuras metálicas es que muchas veces se paraliza una actividad por que no se cuenta con el material o insumo necesario para realizarla y esto genera retrasos.  
Se cree que las restricciones de las actividades del proceso de fabricación condicionan el tiempo de producción de la fabricación de estructuras metálicas.

### 1.3 Objetivos de la investigación

#### 1.3.1 Objetivo principal

Es común que las MYPES del sector metalmeccánico presenten una utilidad baja o generen sobrecostos en los proyectos que realiza, a consecuencia de una productividad baja en la etapa de fabricación de estructuras metálicas, esto se debe a un que se tiene un rendimiento de mano de obra por debajo del estimado en el proyecto, a una falta de control en las actividades de los procesos de fabricación y de paralización o retrasos en las actividades de los procesos de fabricación; es por eso que se quiere,

Mejorar la productividad en la fabricación de estructuras metálicas, para minimizar los costos del proyecto, aplicando la herramienta del Lookahead.

### 1.3.2 Objetivo secundarios

- Cuando se lleva a cabo un proyecto se proyecta un tiempo para la fabricación de las estructuras metálicas, pero muchas veces para cumplir este plazo se recurre a horas extras para culminar los trabajos, debido a que no se tiene una medición del rendimiento de mano de obra por proceso, es por eso que se debe.  
Optimizar el rendimiento de la mano de obra con la finalidad de minimizar los costos de producción en la fabricación de estructuras metálicas.
- Generalmente la falta o descuido del control de las actividades en el proceso de fabricación de estructuras metálicas origina que se vuelvan a repetir diversas actividades del proceso de fabricación (se originan los reprocesos), ya que se realizó un trabajo mal hecho o faltó la fabricación de un elemento, es por eso que se debe.  
Mejorar el control de actividades con la finalidad de minimizar los reprocesos de la fabricación.
- Antes de la fabricación de las estructuras metálicas se hace un cronograma con los tiempos que durara cada actividad, pero muchas veces esto no se cumple ya que ocurren retrasos debido a que no se tiene lo necesario (materia prima, mano de obra especializada, insumos, planos finales, etc.) para iniciar las actividades asignada en el día, es por eso que se requiere.  
Analizar las restricciones de actividades del proceso de fabricación para optimizar el tiempo de producción establecido para la etapa de fabricación de estructuras metálicas.

#### 1.4 Justificación de la investigación

Por lo general una empresa realiza un proyecto, porque espera recibir ganancias y/o utilidades una vez culminado dicho proyecto, sin embargo, en el caso de las MYPES del sector metalmecánico, se generan sobrecostos o se tienen utilidades bajas al realizar un proyecto, ya que presentan una baja productividad en la fabricación, debido a que no tienen control de los recursos usados (mano de obra, materia prima e insumos) en los procesos de fabricación de estructuras metálicas, resultando costos mayores al estimado en la elaboración del presupuesto para la etapa de fabricación de estructuras metálicas. Lo anterior expone a que existen deficiencias en los procesos de fabricación y esto genera sobrecostos de los proyectos, disminuyendo las ganancias y utilidades de las empresas.

Por lo general estas MYPES son empresas familiares que piensan que, implementar un sistema para el control del proceso de fabricación, es costoso y/o complicado, otras de las causas son las deficiencias en el proceso de fabricación, esto se debe a que no tienen una programación adecuada y sobre todo a que no existe un personal supervisando las actividades y rendimiento del personal, esta información es importante ya que así se tendría un estimado real de la duración y calidad de cada actividad para la etapa de presupuesto, reduciendo los trabajos mal hechos y la estimación de rendimientos de mano de obra para las actividades a realizar.

Por ello esta investigación se justifica porque sirve para mejorar la productividad en la fabricación de estructuras metálicas para optimizar los costos de una empresa aplicando la metodología del Lookahead del LAST PLANNER SYSTEM, perteneciente a la filosofía de LEAN CONSTRUCTION, que hace referencia a una construcción sin pérdidas, la cual llegó a nuestro país en 1998 gracias al aporte del Dr. Virgilio Ghio con su participación como Docente Universitario y Consultor Empresarial.



Lo primero que debe hacerse para aplicar el Lookahead es el Análisis de Restricciones de todas las actividades a realizar, con lo que se identificarán factores de retrasos como: demoras y/o incumplimiento de los proveedores o falta de ellos, alta rotación de personal, bajo rendimiento de mano de obra, carencia de canales de comunicación o de efectividad de los mismos, desperdicio de los materiales, bajo rendimiento de la maquinaria; con lo cual se realizará la planificación la ejecución de la obra (Planificación Lookahead) con una proyección de 3 a 6 semanas hacia adelante aproximadamente, la cual se verificará y actualizará cada semana, con lo que mejoraremos el flujo de actividades y evitaremos retrasos del proyecto.

Para la aplicación de esta metodología se llevará a cabo una Reunión Semanal donde se presentará la medición del rendimiento real de la mano de obra y de las actividades del proceso de fabricación en un formato llamado Informe semanal de Producción (ISP), en el cual ira en orden cada actividad del proceso de fabricación, donde se verá si el avancé cumple con lo programado en el Lookahead, si existió retraso(s) o no pudieron empezar en la fecha programada alguna actividad. Con los rendimientos obtenidos, se hará: una actualización del análisis de restricciones de las actividades, se hará una lista de control de las actividades para seguir la secuencia del proceso de fabricación, y en caso de haber retrasos se verá las causas y se tomarán las medidas necesarias para levantar dichas restricciones.

En esta tesis aplicaremos una metodología entendible del Lookahead para las pequeñas y medianas empresas (MYPES) de nuestro entorno, orientándonos a la empresa SERVIMETALES S.A.C., ya que presenta los problemas descritos anteriormente, como resultado se: mejorará la productividad de la empresa, se minimizará los reprocesos, se reducirá los costos de producción y con el rendimiento de mano de obra se podrá calcular la cantidad o dimensionamiento adecuados de cuadrillas por actividad, para realizar un presupuesto adecuado.

## 1.5 Limitaciones de la investigación

En relación al tiempo que se tiene para la elaboración de la tesis, hemos determinado que se debe analizar las partidas con mayores reprocesos y de mayor impacto de mano de obra que se tiene en el proyecto, partiendo de que la filosofía Lean Construction que, al tener un adecuado flujo de actividades, se aumentará su productividad. Bajo esa premisa se ha analizado la etapa de fabricación, ya que si no se tiene fabricada las estructuras metálicas se retrasa el montaje de estas y no se cumple con el plazo del proyecto pactado.

De acuerdo a la secuencia de fabricación de estructuras metálicas y al impacto que tienen, analizaremos sólo las partidas de Arcos y Vigueta, ya que representan un 61.73% del costo total de la fabricación, a pesar de ser estructuras livianas, son las más costosas del proyecto, ya que requieren de mayor mano de obra; es por eso que para dichas partidas propondremos una secuencia de control de actividades.

Por otro lado no se encontraron proyectos de investigación referidos al sector metalmeccánico que implementen la filosofía de Lean Construction.

## 1.6 Viabilidad de la investigación

La presente investigación cuenta con información bibliográfica de la filosofía Lean Construction (en específico la metodología o herramienta Lookahead para el control de actividades), tesis de gestión de proyectos para mejorar la productividad haciendo uso de Lean Construction, datos recopilados en el taller de producción (rendimiento de manos de obra) y acceso a la base de datos de la empresa (información de los datos de los proyectos realizados).

Se cuenta con los recursos económicos para la investigación, además del apoyo de la empresa SERVIMETALES S.A.C., ya que se tiene a disposición los planos del proyecto, informes del estado de las actividades de producción, análisis de precios unitarios, presupuesto del proyecto, etc.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la Investigación

En el ámbito internacional:

El objetivo de estudio de este documento es la consecución de una metodología que permita aplicar la filosofía Lean a proyectos de construcción colombianos, teniendo en cuenta el modelo de planeación de los proyectos y su ejecución tradicional. La investigación se realizó a dos proyectos de construcción en los cuales se encontró que existían las mismas pérdidas y por lo tanto los mismos efectos en la productividad. Los hallazgos encontrados en ellos sirvieron para construir la metodología y luego si aplicarla a un proyecto de construcción (Servicio de mantenimiento, adecuación y ampliación del archivo central de la Base Naval A.R.C Bolívar y Remodelación del centro Zonal ICBF) el cual arrojó resultados favorables en la disminución de los tiempos no contributivos, logrando así la mejora en la productividad. (Martínez, 2011).

El objetivo del presente trabajo es proponer la implementación de Last Planner System y otras herramientas Lean en el proyecto de edificación Parque Espoz, que se ubica en la Vitacurea, Santiago de Chile. Para lo cual se utilizaron controles de avance, documentación de revisión semanal, se compararon: los gráficos de porcentaje de plan cumplido (PPC) y las planillas; además de utilizar las siguientes herramientas Lean: estructuración del trabajo, diseño de operaciones (para hormigonado de muro), mapeo de flujo de valor (para el proceso de adquisiciones), análisis de 5S (para controlar los atrasos), Kaizen (Mejora continua), seguridad (para el rediseño de operaciones) y calidad. Con lo que finalmente obtuvimos una mejor productividad, menor tiempo de desarrollo de actividades y un mayor control de la calidad. (Sanchis, 2013)

El objetivo del presente trabajo de grado, es implementar la nueva filosofía de Lean Construction aplicada al proyecto constructivo Callejuelas, ubicado en la autopista Floridablanca-Pledecuesta, en la calle 3N – Bolivia, ejecutada por la empresa Marval S.A., para lo cual como primer paso se analizaran las actividades contributivas más representativas del proyecto a partir de la medición de tiempos en el análisis de pérdidas. Una vez determinados, se establecieron diferentes planes de acción para reducir las pérdidas representadas en los tiempos no contributivos de las observaciones realizadas. En el segundo paso se realizó el seguimiento y control de las actividades constructivas de cada uno de los contratistas del proyecto a partir de la programación semanal. Como apoyo al proceso, se gestionaron planificaciones a mediano plazo para solucionar problemas de obra en lo que se refiere a equipos, materiales y diseños. Con lo anteriormente mencionado se logró aumentar la productividad, reducir tiempos constructivos y un mayor control de pérdidas. (Araque, 2010)

El objetivo es controlar las actividades programadas, reducir la variabilidad, aumentar confiabilidad y disminuir la incertidumbre de la planificación mediante el sistema Last Planner y ejecutar un proceso de identificación de perdidas, que generan planes de mejoramiento enfocados al aumento de la eficiencia del trabajo productivo, para el proyecto Natura Ecoparque Empresarial en Colombia. La metodología se inicia con el análisis diagnóstico que incluye el conocimiento del sistema constructivo estructural, definición de la cadena de valor, sistema de planificación y control, contenido de trabajo, causas de pérdidas y análisis 5S en obra. Se procede a la implementación del sistema de Last Planner y a la gestión de la información por medio de análisis de métodos, medición de pérdidas y rendimiento. La información obtenida es procesada para definir los planes de mejoramiento a ser implementados en pro del aumento de la productividad, para finalmente por medio del Benchmarking introducir al proyecto en un proceso de mejoramiento continuo. Con esto se logró un proceso con mayor productividad, menor costo de transporte de material, menor tiempos de

preparación y una mejor reasignación de trabajadores a la cuadrilla. (Granados, 2011)

El objetivo es evaluar el sistema de planificación “Last Planner”, mediante su implementación en la construcción de un edificio habitacional de mediana altura, en Chile. Lo que se busca es detectar sus virtudes para potenciarlas y determinar las falencias que posee este sistema, precisando sus causas y planteando soluciones a ellas. Así, luego de recopilar los antecedentes requeridos, se implementó el sistema en la obra durante 11 semanas. Para ver sus efectos en el proyecto se controlaron las tres principales especialidades de la obra gruesa: colocación de moldaje, armadura y hormigón. Se tomó registro semanal del avance físico y de la productividad de estas tres especialidades. Además, se controló el porcentaje de actividades completadas y las causas de no cumplimiento observadas en la programación semanal. Con lo que se logró estabilizar el porcentaje de actividades completadas semanalmente en valores cercanos al 76% y hubo un avance físico mayor al programado, del programa marco, en las tres especialidades.

Se concluyó que el sistema de planificación “Last Planner” posee aspectos positivos, siendo una buena herramienta para reducir la variabilidad e incertidumbre inherente al sector de la construcción. Sin embargo, la principal falencia del sistema es que presenta dificultades al momento de lograr una adecuada implementación en obra, si no existe una persona diferente a los profesionales de terreno, que se preocupe de liberar las restricciones que limitan la ejecución oportuna de las actividades programadas semanalmente. (Díaz, 2007)

En el ámbito nacional:

El objetivo es mostrar cómo manejar la producción en la construcción del condómino Villa Santa Clara de la empresa Besco Edificaciones aplicando la filosofía Lean Construction, para esto se tomará mediciones de rendimientos reales de todas las actividades de la obra en un formato llamado I.S.P. (Informe semanal de producción). Con los rendimientos del I.S.P. se harán una gráfica que muestre como se va mejorando los rendimientos día a día (curva de productividad) con lo cual se demostrara la especialización del personal obrero. Como resultado se mostrara un estudio de producción realizado a la empresa en estudio, donde mediante cartas balance se propondrá soluciones claras y directas para el aumento en la productividad y disminución de desperdicios de dicha obra. (Bujele, 2012).

El objetivo es mostrar la aplicación al Proyecto Multifamiliar Residencial Heredia, en la partida de estructuras, construido por la Empresa CG CONSTRUCTORES Y ASOCIADOS SAC. Además se tomó mediciones de rendimientos reales de todas las Actividades en un formato llamado ISP (Informe Semanal de Producción). Con lo cual se demostrara la especialización del personal obrero. Finalmente se mostró un estudio de productividad realizado a la Empresa CG CONSTRUCTORES Y ASOCIADOS SAC. Se verifico en campo el cumplimiento de estos planes y se tomó datos en campo día a día, Luego de concluir el periodo de quince semanas en obra se procedió a calcular la productividad que se obtuvo en la ejecución de cada partida de estructuras durante este periodo. Finalmente se encontró que el impacto que genero la aplicación de la PRODUCTIVIDAD en la obra “Residencial Heredia” fue positivo incrementando la productividad establecida por el expediente técnico. (Moran Bermudez, L y Quispe Ccorimanya, H., 2014).

El objetivo se centra en la aplicación de la filosofía Lean Construction como método de planificación, ejecución y control del proyecto de construcción Barranco 360°, que es un edificio de departamentos ubicado en el distrito de Barranco Av. San Martín 625 - Lima. A lo largo del presente trabajo se describen los principales conceptos y herramientas de la filosofía lean para poder generar una base teórica sólida que respalde la aplicación de herramientas y el análisis de resultados en los proyectos. Además, se analiza y describe de forma detallada como se aplican las herramientas más importantes de esta filosofía (Last Planner System, Sectorización, Nivel general de actividad, Cartas de Balance, etc.) con la finalidad de difundir la metodología de aplicación de cada herramienta y servir de guía para profesionales o empresas que busquen implementar lean construction en sus proyectos. Por otro lado se analizan los resultados de productividad obtenidos a lo largo del proyecto y se comparan con estándares de obras de construcción en el país con la finalidad de demostrar los buenos resultados que brinda esta filosofía y de esta forma alentar a que se expanda a una cantidad mayor de empresas del rubro construcción.

Finalmente se analiza el desarrollo y performance del proyecto para poder sacar conclusiones y propuestas de mejora que puedan ser aplicadas por la empresa, y otras empresas, en la ejecución de sus próximos proyectos aplicando la metodología de mejora continua. (Guzmán, 2014)

El objetivo del presente trabajo de investigación es controlar, mejorar y brindar herramientas que ayuden a optimizar los procesos de planificación, para ello se considera el uso del Sistema del Último Planificador o Last Planner System (LPS). Esta metodología del Lean Construction busca aumentar la confiabilidad del flujo de trabajo mediante la medición de Porcentaje de Plan Completados (PPC), como identificador de confiabilidad, y a través de la determinación de causas de no cumplimiento, se procede a aplicar acciones correctivas para eliminar la variabilidad e improductividad, así como los impactos potenciales para mejorar el Porcentaje de Plan Completados, que en el proyecto Nueva Fuerabambas – Apurímac, que



tiene como relación el costo y duración. Asimismo, con el estudio, se han logrado los resultados favorables en aspectos de seguridad, márgenes de utilidad, productividad y eficiencia de mano de obra. (Aguirre, 2013)

El objetivo es identificar aspectos que pueden optimizarse para mejorar la realización de las operaciones o actividades, lo cual permitirá incrementar el margen de utilidad en la empresa. Por ello la presente investigación consiste en el análisis de los procesos que se desarrollan en la construcción de la obra "Condominio del Aire", ejecutada por la empresa San José Perú. La herramienta empleada para el análisis es el estudio de tiempos y movimientos. Para lo que se llega a conocer los procesos a detalle, clasificar las actividades involucradas e identificar las operaciones que pueden omitirse u optimizarse para contribuir en la mejora continua de los mismos y con ello garantizar la ejecución de un trabajo eficiente y efectivo. (Lozano, 2007)

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Lean Production:

El Lean Production es un sistema que tiene como finalidad es agregarle valor a sus productos reduciendo actividades innecesarias (desperdicios), al reducir al máximo los procesos o recursos que no aporten de manera positiva, como: tiempo, espacio u otros; para darle el valor esperado al producto, para lo cual aplica un flujo de la producción el cual será controlado para verificar su cumplimiento o las causas por la que no se pudo realizar las actividades programadas.

Las actividades en un proceso de producción se pueden separar como se muestra en la Figura 2.

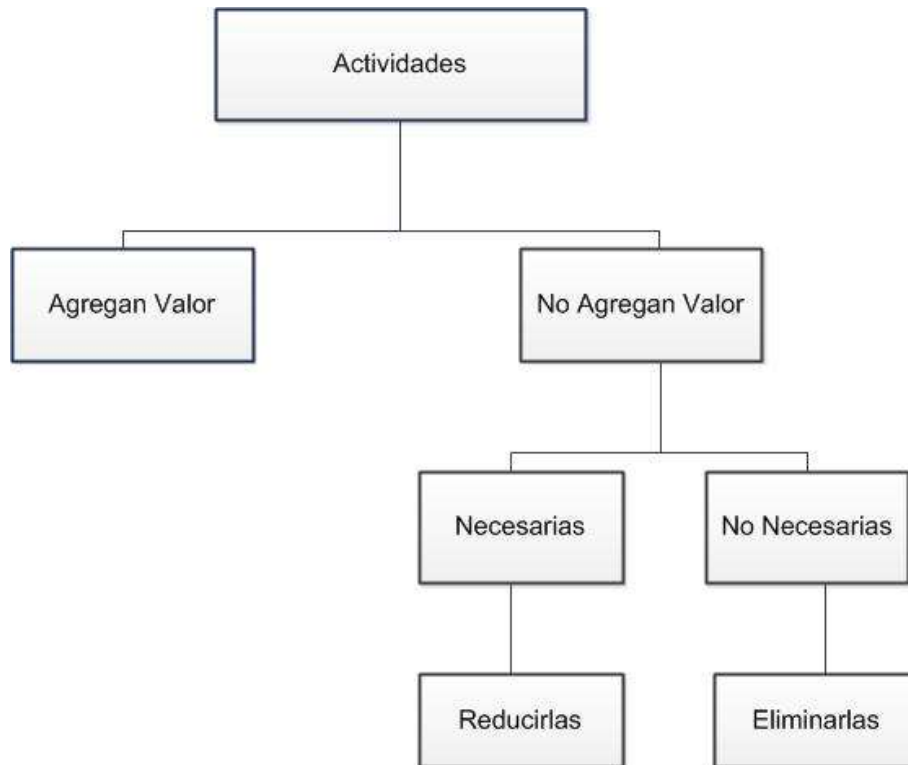


Figura 2: Clasificación de actividades según Lean Production (Fuente: Guzmán, 2014)

### 2.2.2 Lean Construction

Lean Construction (Construcción sin pérdidas) es una nueva manera de aplicar la gestión de producción en la industria de la construcción. La cual es la aplicación de la filosofía Lean Production (Producción sin pérdidas) en la construcción, la cual apareció en los años 50 en Japón para mejorar el proceso de fabricación de las piezas metálicas de la industria automotriz para la empresa Toyota. La idea principal es la eliminación de inventarios y pérdidas (tiempos no productivos), la subdivisión de la producción en pequeñas partes (para tener un mayor control de las actividades), utilización de máquinas semiautomáticas, adecuada comunicación con proveedores, etc.

### 2.2.3 Modelo de producción de Lean Construction

La producción es un flujo de materiales y/o información desde la materia prima hasta el producto final. En este flujo, el material es procesado (conversiones), es inspeccionado, se encuentra en espera o es transportado. Estas actividades son diferentes entre sí. Los procesos representan las conversiones en la producción, mientras que los transportes, esperas e inspecciones son los flujos de la producción. El proceso de flujo puede caracterizarse por su costo, tiempo y valor, este último se entiende como el cumplimiento de los requerimientos del cliente, como podemos ver en el Cuadro 1.

	<b>Lean Production</b>
Objetivo	Afecta a todas las actividades.
Alcance	Gestión, asesoramiento y control.
Modo de aplicación	Por convencimiento y participación.
Metodología	Prevenir.
Responsabilidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa.
Clientes	Externos e internos.
Conceptualización de la producción	Consiste en actividades de flujo y hay actividades que agregan valor al producto o que no.
Control	Dirigido hacia el costo, tiempo y control de los flujos (Actividades de producción).
Mejoramiento	Reducción de las tareas de flujo y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas.

Cuadro 1: Características de la producción en el modelo Lean (Fuente: Aguirre, 2013)

La producción basada en los principios Lean Production se focaliza no sólo en el control, sino que también en la gestión y asesoramiento dirigido hacia la mejora del costo, tiempo y valor de los flujos con el objetivo de prevenir posibles fallas del sistema. La manera de mejorar es disminuyendo las actividades de flujo y aumentando la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología.

Por eso, el mejoramiento de los flujos debe centrarse en su reducción o eliminación, mientras que los procesos de conversión deben de volverse más eficientes.

En esencia, la nueva conceptualización implica una doble vista de la producción, que consta de conversiones y las corrientes. Si bien todas las actividades, cuestan, gastan y consumen tiempo, solo las actividades de conversión que añaden valor al material se transforma en un producto como se ve en la Figura 3.

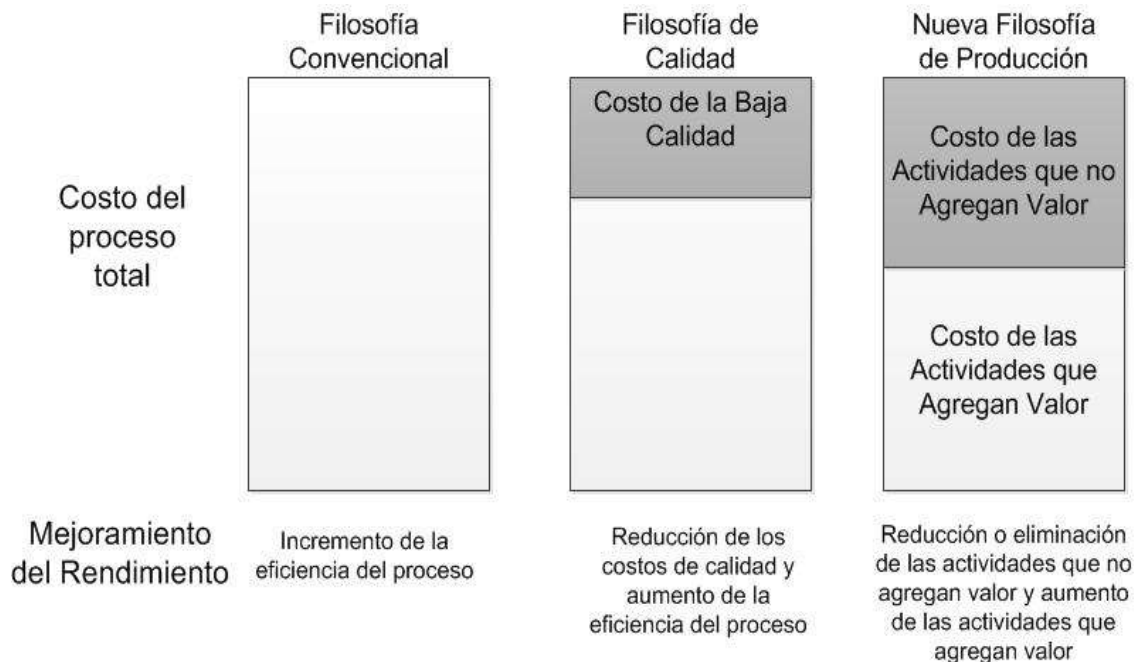


Figura 3: Comparación entre las diferentes visiones de producción (Fuente: Aguirre, 2013)

## 2.2.4 Modelo de Conversión

Corresponde al modelo de producción que tradicionalmente ha sido utilizado para conceptualizar el proceso de producción y ha sido aplicado a la construcción. Explica la producción como una secuencia de conversiones a partir de inputs determinados y que generan unos ciertos outputs (Figura 4). Todas las actividades del proceso agregan valor. El costo total del proceso de producción es igual al costo de cada uno de los procesos y subprocesos de conversión. Los esfuerzos de optimización están orientados a cada proceso y subproceso de forma independiente, generalmente mediante la introducción nueva tecnología en la búsqueda de un aumento de la productividad de forma parcializada. (Koskela, 1992).

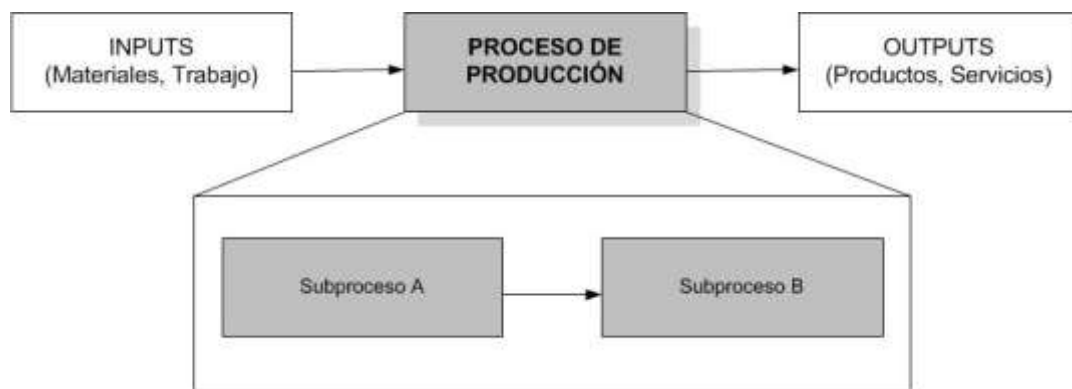


Figura 4: Modelo de Conversión (Fuente: Leal, 2010)

## 2.2.5 Control de Actividades

El Control de las Actividades de Producción (CAP) es técnica administrativa de prioridad y capacidad, que es usada para que en base a lo programado se controlen todas las actividades de producción; la cual es una de las labores más importantes en todo desarrollo de las actividades, ya que un adecuado control hace posible evitar desviaciones en costes y plazos, o al menos detectarlas cuanto antes; ya que establece medios para una

continua evaluación, para: ordenes de proveedores, producción interna, rendimiento de mano de obra, adecuado funcionamiento de equipos, etc.

## 2.3 Formulación de hipótesis

### 2.3.1 Hipótesis general

En toda empresa la productividad representa un factor importante, más aun en el sector metalmecánico ya que con un mejor rendimiento se puede obtener una estructura metálica utilizando menos recursos (mano de obra e insumos) en un tiempo establecido, generando ganancias para la empresa. Por ende.

A mayor productividad en la fabricación de estructuras metálicas, menor costo del proyecto.

### 2.3.2 Hipótesis específicas

- En un presupuesto en la etapa de fabricación o producción, la mano de obra representa un costo directo importante, es por eso que el rendimiento estimado en el presupuesto no puede ser menor, ya que se estaría realizando horas extras para culminar los trabajos en un plazo determinado. De acuerdo a lo anterior se dice que, El rendimiento de la mano de obra, minimiza los costos de producción.
- Si se tiene una adecuada supervisión o control de las actividades se podrá detectar a tiempo las fallas que existen ya sea en la calidad o cantidad de elementos estructurales, reduciendo que se vuelvan hacer las actividades (reprocesos) por un trabajo mal hecho, es por eso que Un control de las actividades reduce los reprocesos de las estructuras metálicas.

- Si existe un análisis previo de las actividades del proceso de fabricación antes de realizarlas, evitaremos que se paralice los procesos por falta de materiales o insumos. De acuerdo a la anterior se puede decir que, Las restricciones de las actividades del proceso de fabricación, condicionan el tiempo de producción de las estructuras metálicas.

### 2.3.3 Variables

Debido a las hipótesis general y específica, de la presente tesis se obtuvo dos tipos de variables (dependiente e independiente), las cuales nombraremos a continuación:

Variables Independientes General:

- Productividad

Variables Independientes Secundaria:

- Rendimiento
- Control de actividades
- Restricciones de las actividades

Variables Dependientes General:

- Costos

Variables Dependientes Secundaria:

- Costos de Producción
- Reprocesos
- Tiempo de producción

#### 2.3.4 Definición conceptual de las variables

##### VARIABLES INDEPENDIENTES GENERAL:

- Productividad: relación entre la producción obtenida por un sistema de producción de bienes y los recursos empleados para obtenerla.

##### VARIABLES INDEPENDIENTES SECUNDARIA:

- Rendimiento: Capacidad y eficiencia de los trabajadores para realizar el desarrollo de las diferentes actividades.
- Control de las actividades: Supervisión del desarrollo de las diferentes actividades, para que en caso de no alcanzar el diseño y/o calidad esperada, se corrija la actividad o actividades necesarias para llegar al producto planificado.
- Restricciones de las actividades: materiales, insumos, maquinaria, herramientas y/o actividades que deben ser liberadas previamente a la realización de una actividad para que la planificación se realice sin ningún retraso.

##### VARIABLES DEPENDIENTES GENERAL:

- Costos: Valor monetario de los costos que se generan para la fabricación de un producto.

##### VARIABLES DEPENDIENTES SECUNDARIA:

- Costos de Producción: Costo directo generado durante el desarrollo de las diferentes actividades, para obtener un bien o servicio.
- Reprocesos: Trabajo realizado cuando al concluir una actividad, esta no cumple con los diseños y/o estándares de calidad acordados, por lo que tendrá que rehacer el proceso.



- Tiempo de producción: Cantidad de tiempo que demanda la fabricación de un producto.

### 2.3.5 Operacionalización de las variables

#### 2.3.5.1 Operacionalización de las variables de la Hipótesis General

##### ❖ Variable Independiente: Productividad

- Operacionalización de la Variable: La propiedad medible se identifica a partir de la evaluación del índice de la productividad de la mano de obra.
- Determinación de cómo se manifiesta la variable para convertir la misma en un indicador: El análisis se determina al realizar la siguiente operación: Producción Diaria/ Jornada Laboral x N° de hombres (Und/hh).
- Medición de los indicadores en una(s) escala(s) de medición: La cantidad de horas hombres planificado (Lookahead) < la cantidad de horas hombre establecido (Servimetales S.A.C) → Bien, o la cantidad de horas hombres planificado (Lookahead) > la cantidad de horas hombre establecido (Servimetales S.A.C) → Mal.

##### ❖ Variable Dependiente: Costos

- Operacionalización de la Variable: Se mide a partir del costo directo (CD) de la fabricación del casco de estructura metálica.
- Determinación de cómo se manifiesta la variable para convertir la misma en un indicador: Del análisis del presupuesto del proyecto y del Lookahead.
- Medición de los indicadores en una(s) escala(s) de medición: CD (Proyecto) > CD (Lookahead) → Bien, o CD (Proyecto) < CD (Lookahead) → Mal.

### 2.3.5.2 Operacionalización de las variables de la Hipótesis Secundarias

#### ❖ Variable Independiente: Rendimiento

- Operacionalización de la Variable: Se mide con la cantidad de días programada para la fabricación de la etapa de casco de estructuras metálicas.
- Determinación de cómo se manifiesta la variable para convertir la misma en un indicador: Es el número de días utilizados para terminar las actividades del proceso de fabricación de la etapa de casco de estructuras metálicas.
- Medición de los indicadores en una(s) escala(s) de medición: Número de días de ejecución > número de días del Lookahead → Bien, o Número de días de ejecución < número de días del Lookahead → Mal.

#### ❖ Variable Dependiente: Costos de Producción

- Operacionalización de la Variable: Se mide a partir del costo directo de la mano de obra ( $CD_{MO}$ ) de la fabricación del casco de estructura metálica.
- Determinación de cómo se manifiesta la variable para convertir la misma en un indicador: Del análisis del presupuesto del proyecto y del Lookahead para la fabricación de la etapa de casco de las estructuras metálicas.
- Medición de los indicadores en una(s) escala(s) de medición:  $CD_{MO}$  (Casco del Proyecto) >  $CD_{MO}$  (Lookahead) → Bien, o  $CD_{MO}$  (Casco del Proyecto) <  $CD_{MO}$  (Lookahead) → Mal.

❖ Variable Independiente: Control de actividades

- Operacionalización de la Variable: Se debe controlar las actividades de la secuencia del proceso de fabricación.
- Determinación de cómo se manifiesta la variable para convertir la misma en un indicador: El registro de la lista del control de actividades.
- Medición de los indicadores en una(s) escala(s) de medición: Se dará conformidad a la lista de control de una actividad para que dé pase a la siguiente actividad de acuerdo a la secuencia del proceso de fabricación.

❖ Variable Dependiente: Reprocesos

- Operacionalización de la Variable: Se supervisara la ejecución de cada actividad del proceso de fabricación.
- Determinación de cómo se manifiesta la variable para convertir la misma en un indicador: Es la lista de control de cada actividad del proceso de fabricación.
- Medición de los indicadores en una(s) escala(s) de medición: Si cumple con el diseño y cantidad de elementos de los planos de fabricación del proyecto dará igual a una menor cantidad de reprocesos, o si no se cumple con el diseño y cantidad de elementos de los planos de fabricación del proyecto dará igual a una mayor cantidad de reprocesos.

❖ Variable Independiente: Restricciones de las actividades

- Operacionalización de la Variable: Se evaluará los recursos necesarios (materiales, mano de obra, equipos y diseño de los planos finales) para realizar cada actividad y así obtener las restricciones de cada una de ellas.

- Determinación de cómo se manifiesta la variable para convertir la misma en un indicador: El análisis de restricciones de cada actividad del proceso de fabricación.
  - Medición de los indicadores en una(s) escala(s) de medición: La cantidad de recursos necesarios (materiales, mano de obra, equipos y diseño de los planos finales) para realizar cada actividad.
- ❖ Variables Dependiente: Tiempo de producción
- Operacionalización de la Variable: Hacer el seguimiento del análisis de restricciones de cada actividad del proceso de fabricación, para que estas se liberen a tiempo para el inicio de su ejecución.
  - Determinación de cómo se manifiesta la variable para convertir la misma en un indicador: Liberación del análisis de restricciones de las actividades del proceso de fabricación.
  - Medición de los indicadores en una(s) escala(s) de medición: Si se liberan las restricciones antes de ejecutar cada actividad el tiempo de producción será de acuerdo a lo planificado, caso contrario se aumentará el tiempo de producción.

## CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1 Diseño de la investigación

La investigación descrita es de naturaleza cuantitativa, descriptiva, correlacional y explicativa, debido a que en un primer momento se ha descrito y caracterizado la dinámica de cada una de las variables de estudio.

-Es de naturaleza cuantitativa, debido a que se tomará como base los datos del análisis de costos del proyecto a investigar, para obtener el rendimiento de la mano de obra, proporcionados por la empresa Servimetales S.A.C., con lo que se propondrá una planificación basada en la filosofía Lean para la fabricación de estructuras metálicas del casco, lo que disminuirá el tiempo de ejecución de las actividades para la fabricación de estructuras metálicas del casco de la empresa Servimetales S.A.C.

-Es un estudio descriptivo, debido a que se dará las herramientas y los pasos necesarios para tener una planificación del cronograma más eficiente (menor tiempo), para la realización de las actividades necesarias para el proceso de fabricación de estructuras metálicas del casco de la empresa Servimetales S.A.C.

-Es un estudio correlacional, porque se quiere proponer un estudio en el que: la productividad y rendimiento de mano de obra, influirán directamente en el presupuesto (los costos directos), que si se tuvieran todos los controles adecuado de las actividades se minimizara los reprocesos y que las restricciones de las actividades condicionan el tiempo de producción de los procesos de fabricación de la empresa Servimetales S.A.C.

-Es un estudio explicativo, porque no se tomara datos sino que en la presente tesis desarrollaremos el método del Lookahead, del Last Planner System, perteneciente a la filosofía de Lean Construction, para mejorar la

productividad y reducir los costos directos de los procesos de fabricación de la empresa Servimetales S.A.C.

El diseño de la investigación no es experimental y transversal, ya que solo se propondrá el Lookahead Planning para el proceso de fabricación de estructuras metálicas del casco, además de las listas de control faltantes para la supervisión durante la ejecución de las actividades, para luego analizar y sacar las conclusiones.

### 3.2 Población y muestra

De acuerdo a nuestra investigación, la población a estudiar, son las Medianas y pequeñas empresas (MYPES) del sector metalmeccánico, que se encuentran en el departamento de Lima, provincia Lima y que presenten problemas de baja productividad.

La empresa elegida para la muestra, es porque se puede tener acceso a la base de datos, dicha empresa es Servimetales S.A.C. (Servicios Metálicos Especializados, de 1985 – hasta la actualidad), que actualmente se encuentra en el distrito de Lurín, en la provincia de Lima. La cual nos proporcionara el cronograma y presupuesto planificados para el proyecto “Nuevo Almacén - UNITRADE”, con lo que propondremos una planificación según el Lookahead para mejorar la productividad de la fabricación de las estructuras metálicas.

### 3.3 Técnicas de recolección de datos

Para la esta investigación, se hará uso de la siguiente metodología:

- Se seleccionara del proyecto unas partidas del proceso de fabricación en el cual se aplique la metodología de Lookahead.
- Se analizaran y describirán las herramientas aplicadas en el planeamiento, control y ejecución del proyecto.
- Se describirá el proceso constructivo.
- Se analizara una partida en especial, aplicando para esto las herramientas que el Lean Construction propone.
- Se propondrán mediciones acerca del cumplimiento de las programaciones semanales mediante el porcentaje de plan cumplido (PPC).
- Se analizaran los resultados obtenidos en general y como repercuten en lo económico para la empresa.

Finalmente se concluirá sobre los resultados obtenidos y los beneficios que brinda la aplicación de esta filosofía en proyectos de edificaciones con el fin de incentivar.

#### 3.3.1 Descripción de los instrumentos

Se tomara como base los datos (presupuesto, cronograma y planos) del proyecto “Nuevo Almacén – Unitrade S.A.C.”, a partir de lo cual desarrollaremos el Lookahead Planning, Para lo cual necesitaremos las siguientes herramientas:

- La sectorización.
- El tren de actividades.
- El plan Maestro.
- Análisis de restricciones.
- El Lookahead.
- La programación semanal.

- La programación diaria.
- Listas de Control de rendimiento de mano obra

### 3.3.2 Validez y confiabilidad de los instrumentos

El formato de las listas de control a utilizar para el desarrollo de la presente tesis fue obtenido de la empresa Servimetales S.A.C, la cual ya contaba con registro de control para un número de actividades, por lo que para las actividades faltantes se crearon listas de control para completar el proceso de fabricación, de la empresa.

Mientras que para el desarrollo de las otras herramientas se utilizó la filosofía Lean Construction.

### 3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos

Para el desarrollo de la presente tesis se analizará los resultados obtenidos a través del método del Last Planner System y la productividad, para lo cual utilizaremos:

- Comparaciones numéricas y porcentuales de los datos del presupuesto y cronograma proporcionados por la empresa versus los propuestos en base a la filosofía Lean Construction.

### 3.5 Aspectos éticos

Para la presente tesis se cuenta con la autorización de la empresa Servimetales S.A.C, para que podamos utilizar los datos del proyecto “Nuevo Almacén – Unitrade S.A.C.”, como: el cronograma, presupuesto, rendimiento de los trabajadores según actividad, las dimensiones y pesos de las estructuras metálicas. Con las cuales se realizó la sectorización, el tren de actividades, el rendimiento de la mano de obra, etc.



## CAPÍTULO IV: SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR-SUP (LAST PLANNER)

El Sistema del Último Planificador fue desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell en el marco de los objetivos de la filosofía Lean construction como un sistema de planificación y control de la producción para mejorar la variabilidad en las obras de construcción y reducir la incertidumbre en las actividades programadas. Básicamente el SUP es un enfoque práctico en el cual los gerentes de construcción y los jefes de equipo colaboran para preparar planes de trabajo que pueden ser ejecutados con un alto grado de fiabilidad para mejorar la estabilidad del trabajo; el cual controla de una mejor forma la incertidumbre de la planificación al superar obstáculos como convertir la planificación en un sistema, medir el desempeño de la aplicación del sistema de planificación y analizar e identificar los errores cometidos en la planificación. (Porrás, Sánchez & Galvis, 2014)

### 4.1 Planificación maestra

La Planificación Maestra define las tareas que “deberían” hacerse e incorpora la planificación de todas y cada una de las actividades del proyecto, estableciendo las relaciones en el tiempo y en el espacio entre las diferentes actividades programadas, fijando los hitos exigidos para el cumplimiento de los plazos establecidos y definiendo el alcance y los plazos de las entregas parciales si las hubiese.

Para la adecuada elaboración de la planificación maestra es fundamental identificar a los responsables del cumplimiento de cada parte del programa e incorporar a los proveedores y subcontratistas que intervienen en cada actividad programada. También deben incluirse las relaciones entre los responsables de las tareas y los proveedores-subcontratistas, en qué periodo del programa deben actuar y las posibles interacciones entre los diferentes proveedores y subcontratistas.

Así mismo es fundamental identificar en él a los actores externos de los que depende la ejecución de las actividades programadas. En la identificación de estos actores, entre los que se pueden encontrar diferentes administraciones públicas afectadas indirectamente, empresas de servicios públicos, gestores de infraestructuras, etc., debe hacerse hincapié en la influencia que pueden tener sobre el desarrollo de las actividades programadas y cómo afecta esta influencia a la consecución global del proyecto. (Rodríguez, Alarcón & Pellicer, 2011)

#### 4.1.1 Sectorización

Se llama sectorización al proceso de división de una actividad o tarea de la obra en porciones más pequeñas llamadas sectores, cada sector deberá comprender un metrado aproximadamente igual a los demás para así mantener un flujo continuo entre sectores. Asimismo se hace con la finalidad de dividir el trabajo en partes más manejables y poder formar lo que llamamos el tren de actividades, con esto se podrá separar las cuadrillas por especialidad.

#### 4.1.2 Tren de Actividades

Para entender de mejor manera el objetivo de crear de los trenes de trabajo es necesario entender los conceptos de ruta crítica y holgura. Una forma de planificar las actividades puede consistir en secuenciar las actividades de tal manera que se tengan muchas rutas, dentro de las cuales solamente una sea crítica. Es decir que todas las demás rutas podrían sufrir demoras y paralizaciones sin afectar el desarrollo normal de la obra, puesto que tienen una holgura de tiempo que está en función a la ruta crítica.

Los trenes de trabajo o programación lineal están basados en lograr volúmenes de producción en porciones manejables. Consiste en agrupar cuadrillas específicas que realizan una sola actividad desde que ingresan a

la obra hasta que terminan la actividad y se retiran. Estas cuadrillas están balanceadas y realizan una misma cantidad de trabajo todos los días, una mismo metrado todos los días, un mismo avance de proyecto todos los días. Esto permite disminuir los picos de trabajo y por consiguiente reducir también los valles que tienen gran cantidad de tiempos muertos. Por lo que podríamos decir que los trenes de trabajo es un sistema balanceado de producción constante que tiene por objeto aumentar la eficiencia de los flujos de actividades.

#### 4.2 Planificación Intermedia (Lookahead)

Según el Lean Construction Institute (LCI), el Lookahead plan es una planificación de intervalo corto, basado en la planificación de fase, que identifica todas las actividades a ser ejecutadas en las próximas semanas (el número de semanas puede variar en función de la variabilidad y el tiempo necesario para el levantamiento de restricciones de cada proyecto). El Lookahead plan es actualizado cada semana y siempre identifica las actividades nuevas que ingresan al plan (de 3 a 6 semanas después) para que de esta manera el equipo de gestión del proyecto pueda adoptar las medidas necesarias para asegurar que el trabajo esté listo para ejecutarse en la semana indicada.

Como su nombre lo explica el Lookahead (mirar adelante) tiene la finalidad de dirigir los esfuerzos de la construcción no a controlar la programación para evitar errores, sino a prevenirlos gestionando lo necesario para las actividades que se esperan ejecutar en el futuro cercano, promoviendo tomar acciones en el presente para obtener buenos resultados en el futuro.

Para poder cumplir con su finalidad el Lookahead no solo incorpora una programación de las actividades a realizar en el periodo determinado para el Lookahead, sino también se incorporan los requerimientos que harán posible que las actividades del plan pasen a la programación semanal. (Guzmán, 2014)

#### 4.2.1 Análisis de restricciones

Todos los procesos tienen restricciones que son parte de la producción, por lo que para minimizarlas usaremos de base el Lookahead. Por lo que debe hacerse un análisis de todas las partidas que se realizarán en las siguientes cuatro o seis semanas, según la programación. Se deberá analizar todo lo necesario para que cada actividad se ejecute sin ninguna restricción. En el formato de análisis de restricciones se deberá escribir la fecha límite en la cual se tiene que levantar la restricción y el responsable o responsables de levantarla.

#### 4.3 Planificación semanal

La programación semanal es un programa de corto plazo que se desprende del Lookahead en el cual se ha hecho un análisis de restricciones previo para eliminar las restricciones y así asegurar que los trabajos que se vayan a programar puedan contar con los recursos necesarios, es decir se toman las actividades que fueron libradas de restricciones y por lo tanto formaban parte del Intervalo de Trabajo Ejecutable (ITE).

Las metodologías de medición que aplica el lean están basadas principalmente en las programaciones semanales, tal es el caso del PPC (porcentaje de plan cumplido), por consiguiente es muy importante para obtener buenos resultados que estos programas se cumplan en la mayor parte posible y algunas características fundamentales para lograr este propósito son las siguientes.

- Levantar restricciones en el Lookahead.
- La cantidad de trabajo asignada debe ser la adecuada según la cuadrilla.
- Escoger correctamente la secuencia de los trabajos a realizar.
- Definir correctamente los trabajos y asegurarse que llegue a campo de manera entendible para los encargados. (Guzmán, 2014)

#### 4.3.1 Porcentaje de plan cumplido (PPC)

Teniendo ya elaborado el plan de trabajo semanal el Sistema Último Planificador mide el cumplimiento de lo programado en el plan mediante la comparación del número total de tareas programadas completadas entre el número total de tareas programadas expresado en porcentaje, por tal motivo se debe llevar un formato donde cada actividad programada tendrá solo un estado de dos posibles: actividad completada o no completada, de esta forma se obtienen los totales de actividades cumplidas y no cumplidas. Para la presente tesis las tareas programadas completadas se tomarán según la programación del Lookahead.

#### 4.3.2 Reunión de planificación semanal

La planificación del trabajo semanal se debe desarrollar preferentemente durante una reunión en la semana anterior. En esta reunión deben participar todos los involucrados relacionados con prerequisites, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales. Los propósitos de la reunión son los siguientes:

- Revisar y aprender del PPC de la semana anterior.
- Analizar las Causas de No Cumplimiento.
- Tomar acciones para mitigar las Causas de No Cumplimiento.
- Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto.
- Determinar las actividades que entran en la planificación Lookahead, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Determinar el inventario de trabajo ejecutable para la próxima semana.
- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente. (Sanchis, 2013)

#### 4.4 Planificación diaria

La programación diaria es el último escalón en la metodología de planificación y programación que propone el sistema Last Planner dentro de la filosofía Lean construction, esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con la finalidad de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claro las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo. Esta programación la elabora el último planificador partiendo de los resultados del día y siguiendo lo programado para la semana, por lo cual también se usa para controlar los avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y de esto realizar el PPC correspondiente.

## CAPÍTULO V: APLICACIÓN DEL LAST PLANNER EN EL PROYECTO

### 5.1 Proyecto “Nuevo Almacén – Unitrade S.A.C.” para la aplicación del Last Planner

#### 5.1.1 Descripción de la empresa

La empresa Servicios Metálicos Especializados S.A.C. (Servimetales S.A.C.) es una micro empresa dedicada al sector metalmecánico, ubicada en la Av. Los Rosales Mz. F, Lote 3; Urb. Huertos de Pachacámac, que comprende un área de 3500 m<sup>2</sup> con plataforma de trabajo de 1500 m<sup>2</sup>; siendo el Gerente General el Ing. Moisés Rubén Salas la Cruz.

La empresa está especializada en la fabricación, montaje y mantenimiento de las estructuras metálicas y suministro-montaje de coberturas y cerramientos metálicos para los sectores de la construcción, Industria, Comercio, Agro y afines, en todo el país; se inició desde el año 1985 hasta la actualidad; desde ese año ha ejecutado numerosos proyectos, proveyéndola de una importante experiencia. Se conservan vigentes en el mercado peruano, porque han sumado a sus obras, solvencia técnica, seguridad, calidad, cumplimiento y un servicio personalizado. En algunos casos los proyectos realizados sean han hecho desde la etapa de diseño hasta la ejecución de la obra y obras ejecutadas han sido en su mayoría para las industrias manufactureras, minera, metalúrgica, hotelera, y agroindustrial en todo el país.

Su misión es Planificar, Desarrollar y Ejecutar proyectos de ingeniería para la industria en general; con personal calificado, insumos de calidad y una gestión competitiva, para obtener productos finales óptimos, logrando clientes satisfechos, mejorando la rentabilidad de sus negocios con obras de un alto nivel técnico, optimizando su inversión.

Su visión es ser reconocida a nivel nacional como una empresa líder en brindar un servicio integral en el sector minero, industrial y comercial; implementando tecnología y garantizando los estándares más exigentes de calidad, seguridad, medio ambiente y desarrolla social.

Entre los últimos proyectos realizados se encuentran los siguientes:

- Diseño y construcción del “Nuevo Almacén – Unitrade S.A.C.”, con un área de 2500 m2.
- Diseño y construcción de la Nave Industrial Tecnosanitaria- Vainsa S.A., con área de 15,672 m2.
- Acondicionamiento y Montaje de estructuras metálicas de alma llena, “Modificación de la planta tintorería – Sudamericana de Fibras”.
- Fabricación y montaje de estructuras metálicas, para techo de la planta Industrial Metax.
- Fabricación y suministro de “Estructuras metálicas soporte del Celoscreen- Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas”
- Construcción de nave industrial para planta de Hilado - Sudamericana de Fibras.
- Construcción de Nave Industrial - Industrias Renda S.A.

#### 5.1.2 Descripción del proyecto

Para nuestra investigación hemos tomado uno de los últimos proyectos que lleva ejecutando la empresa Servimetales S.A.C. a su cliente Unitrade S.A.C. en su planta de almacenes ubicada en Ventanilla por la Carretera Néstor Gambetta, el proyecto es el “Nuevo Almacén – Unitrade S.A.C.” (Ver Figura 5).





Figura 5: Ubicación del proyecto "Nuevo Almacén-Unitrade S.A.C" (Fuente: Propia)

El proyecto consiste en la fabricación de una nave industrial con arcos parabólicos, formando dos techos o dos naves (en el frente 3 ejes, con una longitud de 54.72 m) y en los laterales 7 ejes (con una longitud de 45.68 m); este proyecto comprende tres etapas:

-Obras civiles: la duración de esta primera etapa será aproximadamente un mes y consiste en las siguientes partidas: Movimiento de tierra, zapatas, pedestales y muros de concreto. (Ver Figura 6)

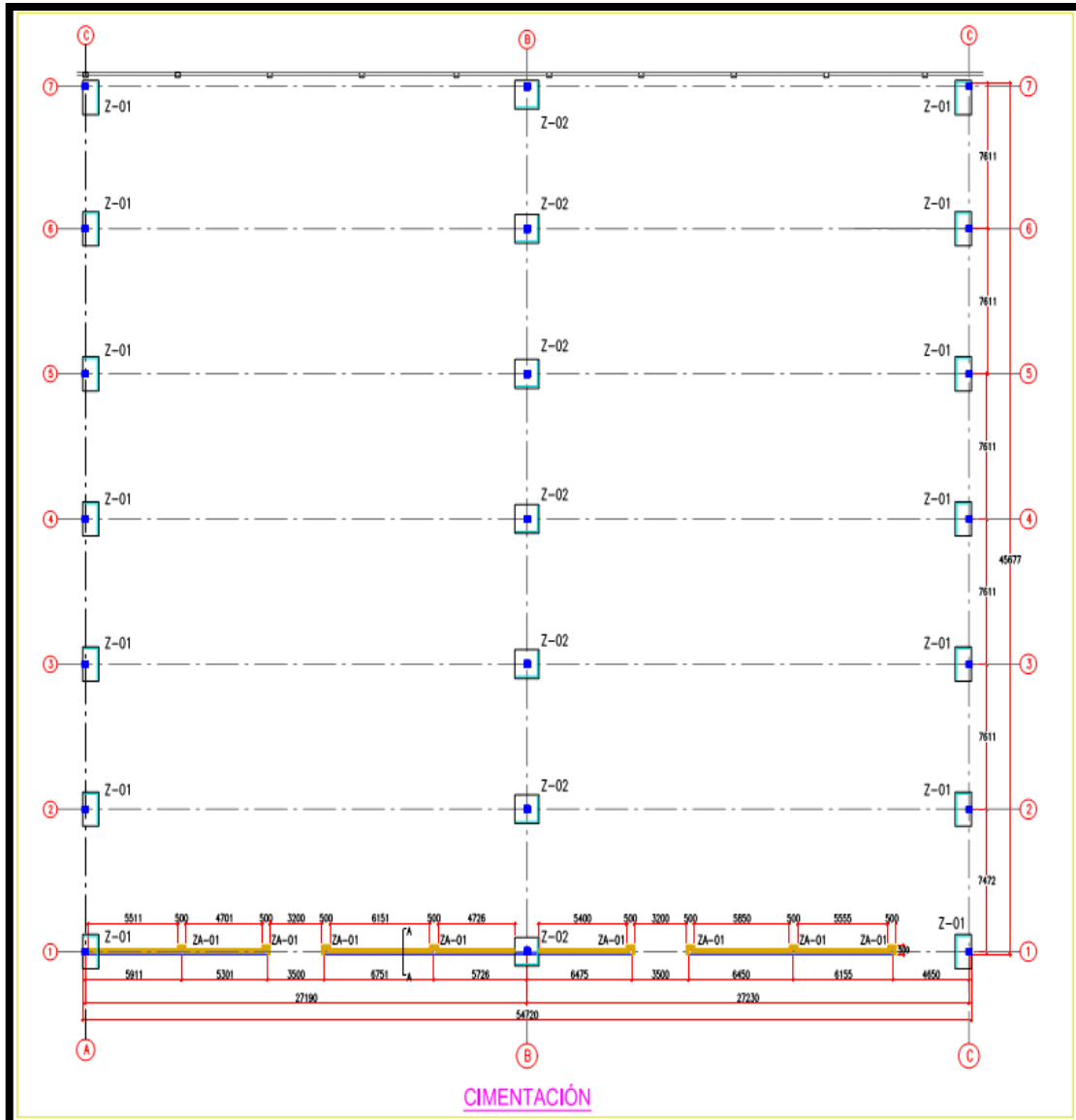


Figura 6: Plano de Cimentación (Fuente: Propia)

-Estructuras metálicas: esta segunda etapa consiste en el suministro, Fabricación de estructuras metálicas y el Montaje de estructuras. Las estructuras metálicas se fueron fabricando al mismo tiempo que se realizaba las obras civiles. Las estructuras metálicas comprende: columnas principales, arcos parabólicos, lucernario, vigueta triangular y lineal, arriostres, correas (canales U y correas de celosía), columnas para fondo y posterior del almacén, péndolas, portones. (Ver Figura 7)

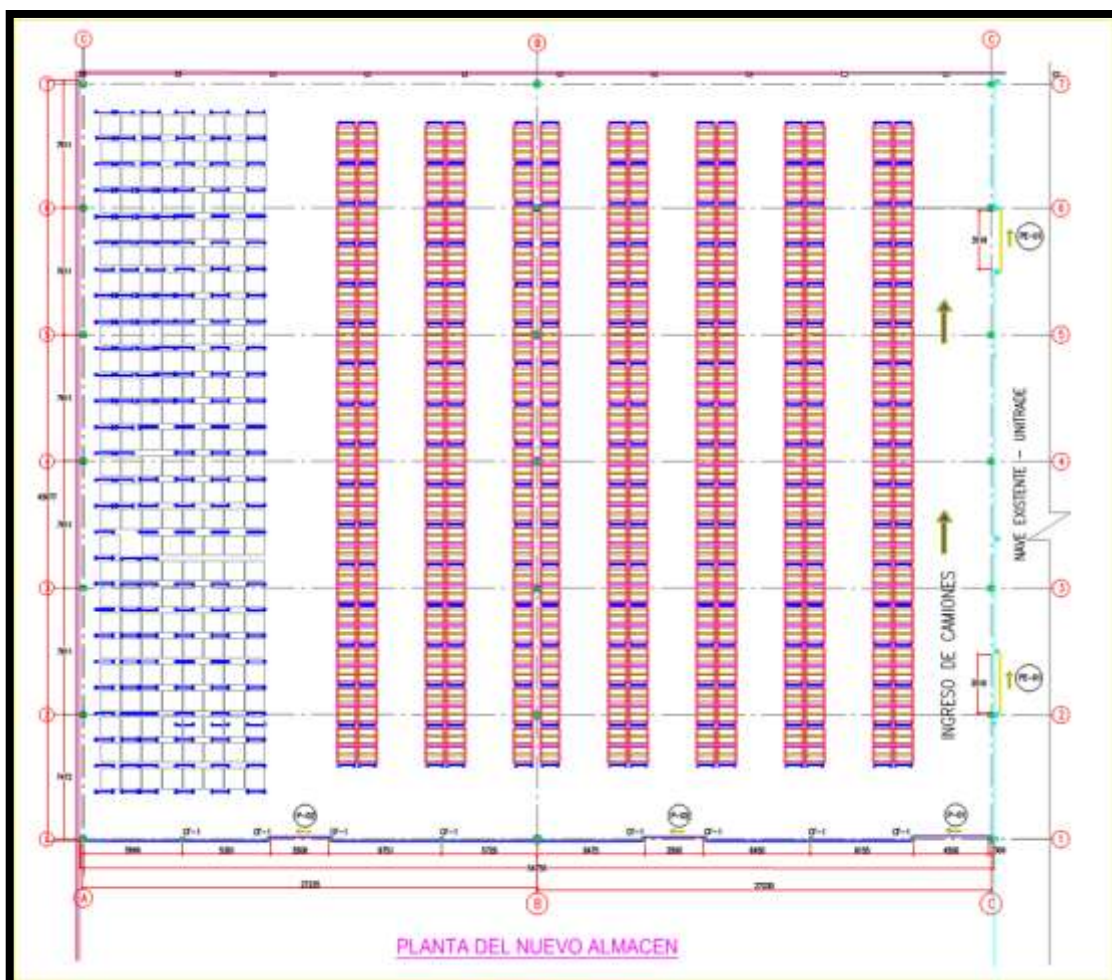


Figura 7: Plano de la Planta del Nuevo Almacén (Fuente: Propia)

Colocación de coberturas: como el Almacén está ubicado cerca al mar y expuesto a algunos químicos que expulsan las fabricas vecinas, se optó por usar planchas de aluminio, para este proyecto se usaran las planchas CALAMINON TR-6 para la cobertura y cierre vertical.

Para la fase del montaje de estructuras metálicas se dividió el proyecto en dos partes: Nave 1 correspondiente al lado derecho y Nave 2 correspondiente a lado izquierdo; comenzando con la Nave 1 hasta trasladarse a la Nave 2, ya que no se contaba con el espacio suficiente para realizar las maniobras debido a que había material almacenado de la empresa Unitrade S.A.C. (Ver Figura 8)

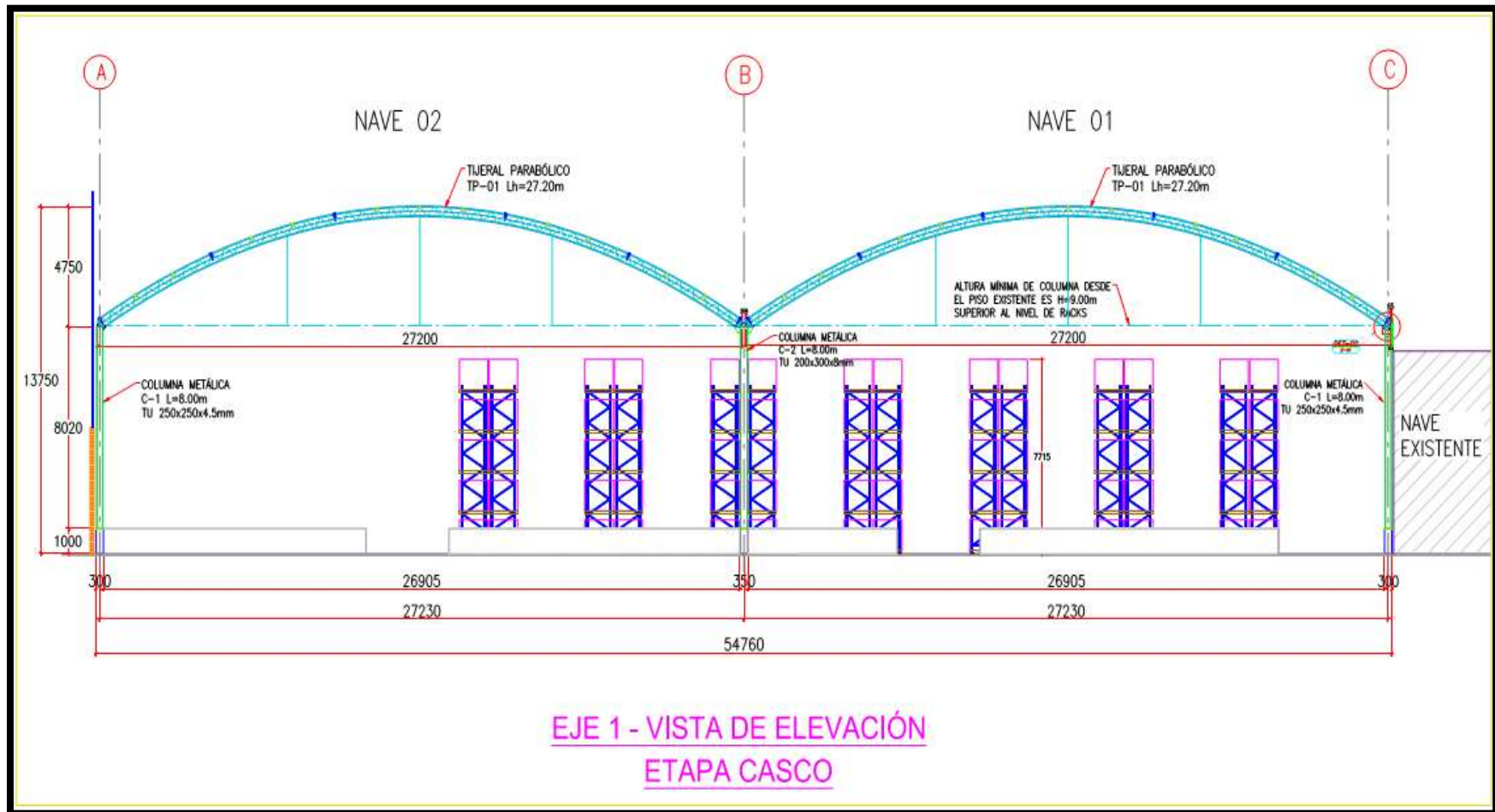


Figura 8: Plano de Eje 1 de vista de elevación (Fuente: Propia)

De acuerdo al presupuesto, las partidas más caras en la fase de estructura metálica son: los arcos parabólicos y viguetas triangulares o lineales, a pesar de ser una estructura liviana, entra más mano de obra en la fabricación ya que están compuestos de varios elementos (Ángulos de 1 ½" x 3/16", fierro liso de Ø1/2" o 3/8"). Ver Anexos 5, 6 y 7.

## 5.2 Aplicación del Last Planner en el proyecto

El Last Planner parte de la información del proyecto, donde el primer paso es realizar la Planificación Maestra, que nos dará la planificación total del proyecto donde según planos se sectorizara, para tener metrados similares, con lo que crearemos nuestro tren de actividades. El segundo paso es aplicar la Planificación Intermedia que consiste en dividir esta Planificación Maestra en bloques manejables de 3 a 6 semanas, donde se evaluará a detalle el análisis de restricciones para cada semana que deberán ser liberadas con anticipación para ejecutar las actividades en la fecha planificada. El tercer paso es realizar la Planificación Semanal que consiste en desglosar la Planificación Intermedia, donde se detalla las actividades a realizar en cada semana (según sector y metrado). El cuarto paso es la Planificación diaria que divide la planificación semanal y se muestra en detalle el avance que se realizara en el día y la cuadrilla correspondiente para cada actividad (Ver Figura 9).

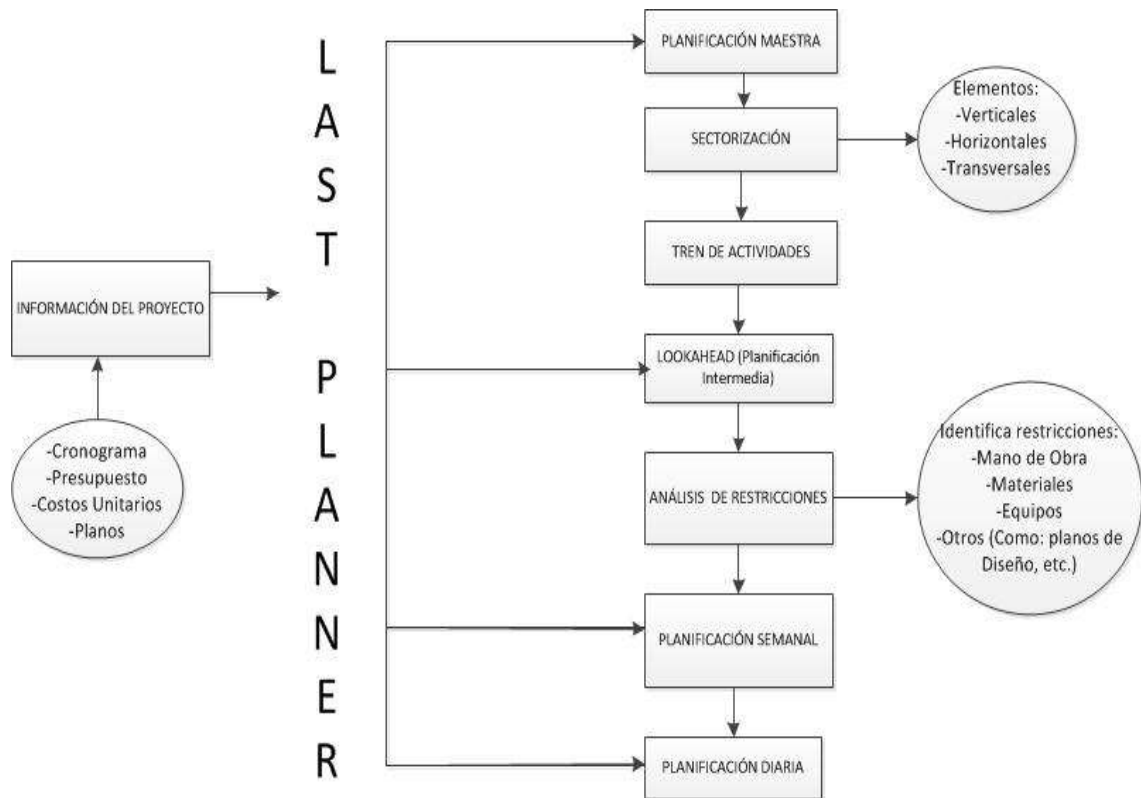


Figura 9: Secuencia de Last Planner del Proyecto (Fuente: Propia)

### 5.2.1 Planificación maestra

La planificación general de obra o proyecto consiste en analizar y programar toda un gran número de actividades, ver su correlación, determinar la compatibilidad en el uso de recursos y equipos, etc. Sin embargo dicha planificación no se cumple en el transcurso de la obra, esto quiere decir que se tiene que volver hacer una nueva planificación o solo tomarla como un marco de referencia (Ver Figura 10).

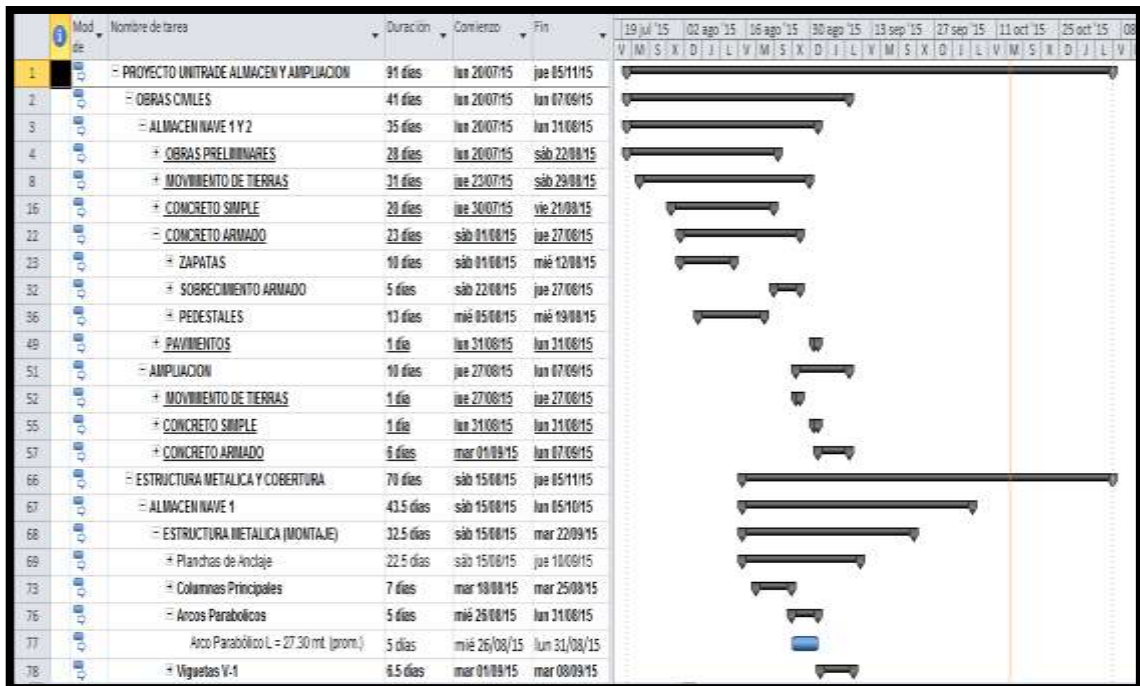


Figura 10: Parte de la Planificación General de la Obra (Fuente: Servimetales S.A.C.)

Según Ghio recomienda empezar en toda obra con una programación general por hitos por ser más confiable, ya que los objetivos parciales se obtienen a través de una planificación más detallada de corto plazo como lo es el LOOKAHEAD PLANNING, planificaciones semanales y diarias.

Los pasos para la generación de una planificación maestra por hitos son: metrado de partidas, definición de métodos consecutivos, cálculo de velocidades de cada partida en función a la tecnología seleccionada, cálculo de hitos intermedios así como de la magnitud de los recursos necesarios y generación de la planificación maestra.

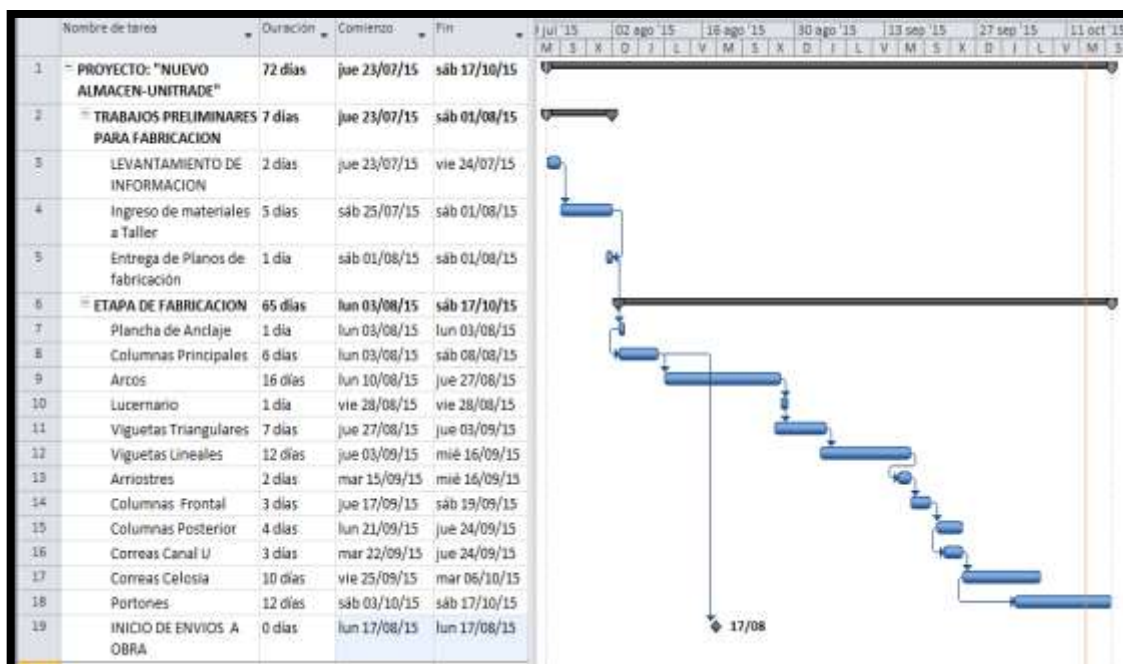


Figura 11: Cronograma de la Etapa de fabricación (Fuente: Servimetales S.A.C.)

Para nuestra investigación aplicaremos la planificación maestra en la etapa de fabricación de estructuras metálicas para la etapa de casco que comprende columnas metálicas, arcos parabólicos, viguetas triangulares, viguetas lineales y arriostres; de la Figura 11, podemos determinar que para estos elementos el tiempo de fabricación se consideró realizarlo en 40 días según el presupuesto. Según se observa en el cronograma del presupuesto se debe iniciar el montaje de las columnas metálicas principales el día 18/08/2015, es decir que antes de esta fecha ya se debió haber terminado la fabricación de estas.

Los pasos realizados para nuestra Planificación Maestra (Ver Tabla 1), fueron:

- 1.- Se calcularon los metrados según los planos de fabricación. Ver Anexo 5, 6 y 7.
- 2.- En base a tres presupuesto de proyectos similares anteriormente realizados por la empresa Servimetales S.A.C., se obtuvo una productividad de Mano de Obra promedia para cada actividad (Ver Anexo 4).



3.-Se determinó la cantidad de composición cuadrillas de obreros necesarias para cada unidad básica de producción.

4.- Para el cálculo del rendimiento (hh/und), se consideró para fines prácticos de la investigación, repartir las 48 horas de trabajo de lunes a sábado en 8 horas por día.

5.- Se calculó la duración de cada actividad en base a una cuadrilla básica.

6.-Se ajustó el número unidades básicas de producción considerando la secuencia para la fabricación de columnas, arcos, viguetas triangulares, viguetas lineales y arriostres, de tal manera que se pueda cumplir con la programación en los plazos establecidos (que en nuestro caso buscamos un tiempo de duración menor a 40 días, de acuerdo a la Figura 11). En este punto se debe considerar el espacio que tendrán disponible para trabajar, las maquinas que necesiten y de la duración del proyecto.

Nota: Debido a que el cliente presento algunos problemas no proporciono el adelanto de obra, por lo que no se pudo iniciar la fabricación de estructuras metálicas en la fecha estimada, generándose un retrasó en el proyecto, causa por la cual no se pudo tomar la velocidad real del avance diario, tomándose entonces datos de proyectos similares que fueron proporcionados por la empresa. (Ver Anexo 4).

Tabla 1: Planificación Maestra de Fabricación (Fuente: Propia)

Actividad	Und	Metrado	Unidad Básica	Recursos de Mano de Obra				Productividad de Mano de Obra (Und/Día)	Rendimi. hh/Und	Duración con 1 unidad (días)	Número de unidades Productivas	Duración		Mes 1			
				Op	Of	Ayu	TOT					Días	Semanas	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4
COLUMNAS																	
Trazo	mi	42.00	Cuadr. Tr	1	1		2	75.000	0.213	0.560	1	0.56	1				
Habilitación	kg	8400.00	Cuadr. Hab		1	1	2	3645.000	0.004	2.305	1	2.30	1				
Armado	kg	8400.00	Cuadr. Arm		1	1	2	2810.000	0.006	2.989	1	2.99	1				
Soldado	mi	33.60	Cuadr.Sold.		1		1	8.250	0.970	4.073	1	4.07	1				
Pintura	m2	168.00	Cuadr. Pint.		1	1	2	37.000	0.432	4.541	1	4.54	2				
ARCOS																	
Trazo	mi	13.60	Cuadr. Tr	1	1	1	3	45.000	0.533	0.302	1	0.30	1				
Habilitación	kg	8594.60	Cuadr. Hab	1	1	1	3	1160.000	0.021	7.409	1	7.41	2				
Armado	kg	8594.60	Cuadr. Arm	1	1	1	3	620.000	0.039	13.862	1	13.86	3				
Soldado	nudo	1484.00	Cuadr.Sold.		1	1	2	106.000	0.151	14.000	1	14.00	3				
Pintura	m2	396.20	Cuadr. Pint.		1	5	6	28.300	1.696	14.000	1	14.00	3				
VIGAS TRIANGULARES																	
Trazo	mi	7.65	Cuadr. Tr		1	1	2	30.000	0.533	0.255	1	0.26	1				
Habilitación	kg	3643.20	Cuadr. Hab		1	1	2	610.000	0.026	5.972	1	5.97	2				
Armado	kg	3643.20	Cuadr. Arm		1	1	2	480.000	0.033	7.590	1	7.59	2				
Soldado	nudo	3096.00	Cuadr.Sold.		1		1	255.000	0.031	12.141	2	6.07	2				
Pintura	m2	241.92	Cuadr. Pint.		1	2	3	40.000	0.600	6.048	1	6.05	2				
VIGAS LINEALES																	
Trazo	mi	7.65	Cuadr. Tr		1	1	2	40.000	0.400	0.191	1	0.19	1				
Habilitación	kg	6520.80	Cuadr. Hab		1	1	2	685.000	0.023	9.519	1	9.52	3				
Armado	kg	6520.80	Cuadr. Arm		1	1	2	540.000	0.030	12.076	1	12.08	3				
Soldado	nudo	6708.00	Cuadr.Sold.		1		1	294.000	0.027	22.816	2	11.41	3				
Pintura	m2	452.40	Cuadr. Pint.		1	2	3	50.500	0.475	8.958	1	8.96	1				
ARRIOSTRES																	
Pintura	m2	90.00	Cuadr. Pint.		1	1	2	65.000	0.246	1.385	1	1.38	1				

### 5.2.1.1 Sectorización de la Etapa de Fabricación

Como la sectorización parte de tener los metrados listos el primer paso a realizar es proponer un numero tentativo de sectores, cabe señalar que el número de sectores dependerá de las extensiones del proyecto, la cantidad de gente que se espera tener en obra y el procedimiento constructivo que se realizara. Dependiendo de estos factores se propone un numero de sectores y se procede a calcular el metrado que le corresponde a cada sector, en esta etapa hay partidas

que son claves, para nuestra investigación es la etapa de fabricación de estructuras metálicas de la etapa de casco, de las cuales solo son: columnas metálicas, arcos parabólicos, viguetas triangulares, viguetas lineales y arriostres.

Los pasos que realizamos para hacer la sectorización de la etapa de fabricación son:

1. Identificar los elementos que se tiene en el proyecto, según sea su clase:
  - Elementos Verticales (columnas).
  - Elementos horizontales (Arcos Parabólicos)
  - Elementos Transversales (Viguetas Transversales, Viguetas Lineales y arriostres)
  
2. Para cada clase de elementos se debe tratar de dividir el plano en un número de sectores que sigan una secuencia lógica y cierto orden a los mismos, además se busca balancear los metrados para que sean los más parecidos posibles entre si ya que es imposible que en cada sector se obtenga el metrado idéntico a los demás, este balanceo se logra tomando como base una parte del plano y añadiendo o quitando elementos para que vayan al sector siguiente. (Ver Figura 12)

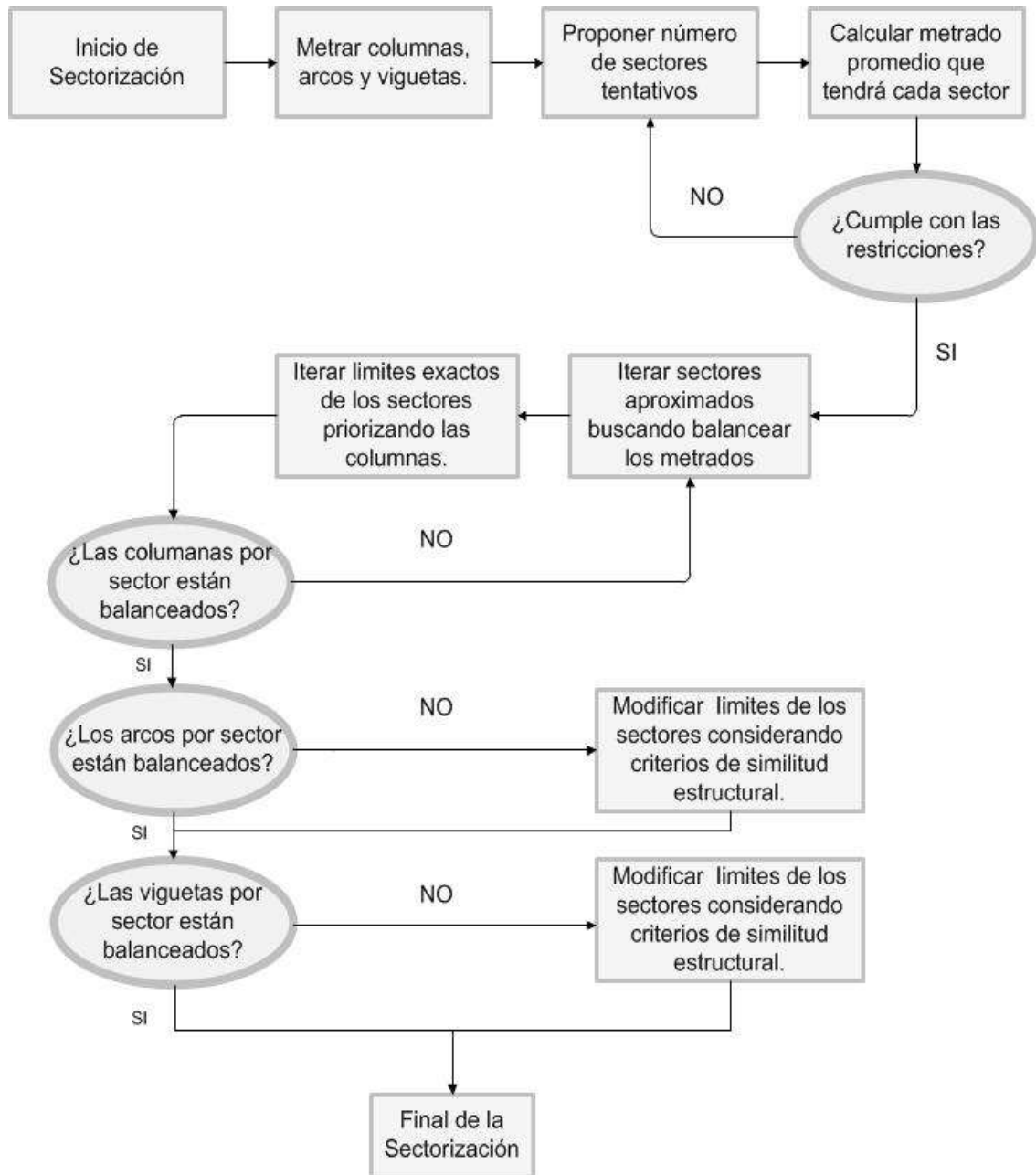


Figura 12: Proceso de sectorización para techos de estructura metálica (Fuente: Propia)

Se consideró que la secuencia de la sectorización sea de atrás hacia adelante, ya que de esa manera se realizaría el montaje de las estructuras metálicas, teniendo en cuenta que para la sectorización se debe clasificar los elementos según su clase, y seguidamente para sectorizar partir el metrado total en partes iguales.

#### 5.2.1.1.1 Elementos Verticales:

Del plano de estructuras Ver Anexo 5, se consideró las 14 unidades de columnas laterales más ménsulas y las 7 unidades de columnas centrales más ménsulas, dando un total de 21 unidades con una altura (H) igual a 8.00 m.

Para saber la cantidad de sectores hacemos una división del metrado en partes iguales, para nuestro caso lo hicimos en 3 sectores por tener 3 ejes, cada eje con 7 columnas. (Ver Tabla 2)

Tabla 2: Sectorización de Elementos Verticales, según plano. (Fuente: Propia)

<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	<b>METRADO UNIDADES</b>	<b>UNIDADES X SECTOR</b>
COLUMNAS	21	7
SECTORES	3	

Luego de obtener la cantidad de los sectores se representa gráficamente en la Figura 13 y su respectiva leyenda en la Tabla 3.

Tabla 3: Leyenda de elementos verticales, según tabla 2. (Fuente: Propia)

<b>LEYENDA DE ELEMENTOS VERTICALES</b>	
SECTOR 1	S1
SECTOR 2	S2
SECTOR 3	S3

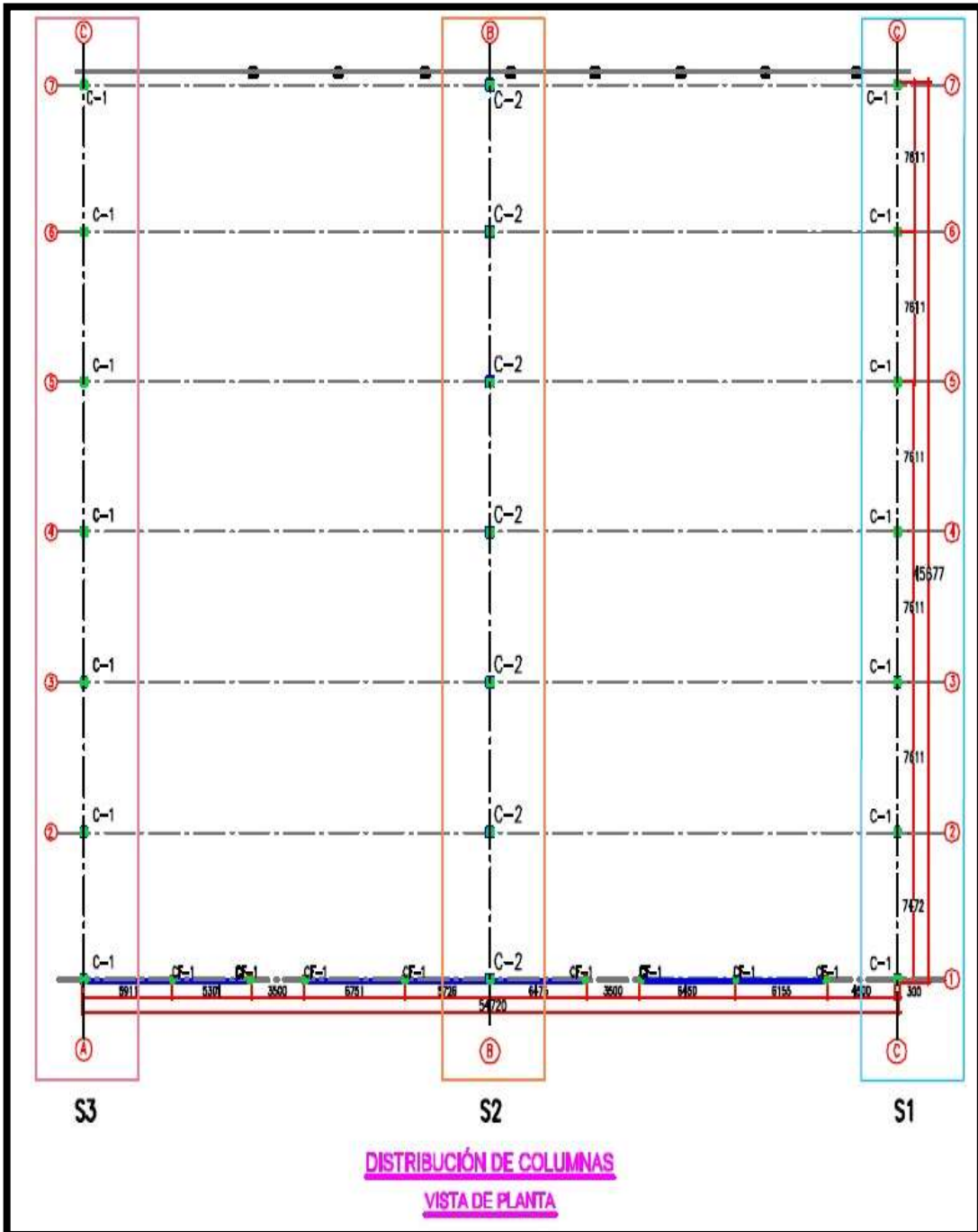


Figura 13: Elementos Verticales – Columnas. (Fuente: Servimetales S.A.C.)

### 5.2.1.1.2 Elementos Horizontales

Se consideró los 7 arcos parabólicos de cada nave 1 y 2, dando un total de 14 Arcos parabólicos, con una luz de 27.20 m y flecha de 4.60m. (Ver Plano Anexo 6). Consideramos que sean 7 sectores por tener 7 ejes (Ver Tabla 4).

Tabla 4: Sectorización de Elementos Horizontales según plano.

(Fuente: Propia)

<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	<b>METRADO UNIDADES</b>	<b>UNIDADES X SECTOR</b>
ARCOS	14	2
SECTORES	7	

Para la representación gráfica, se partirá en el orden de atrás para adelante como se mencionó inicialmente, Ver figura 14 y su respectiva leyenda en la Tabla 5.

Tabla 5: Leyenda de Elementos Horizontales, según Tabla 4. (Fuente: Propia)

<b>LEYENDA DE ELEMENTOS HORIZONTALES</b>	
SECTOR 1	S1-A
SECTOR 2	S2-A
SECTOR 3	S3-A
SECTOR 4	S4-A
SECTOR 5	S5-A
SECTOR 6	S6-A
SECTOR 7	S7-A

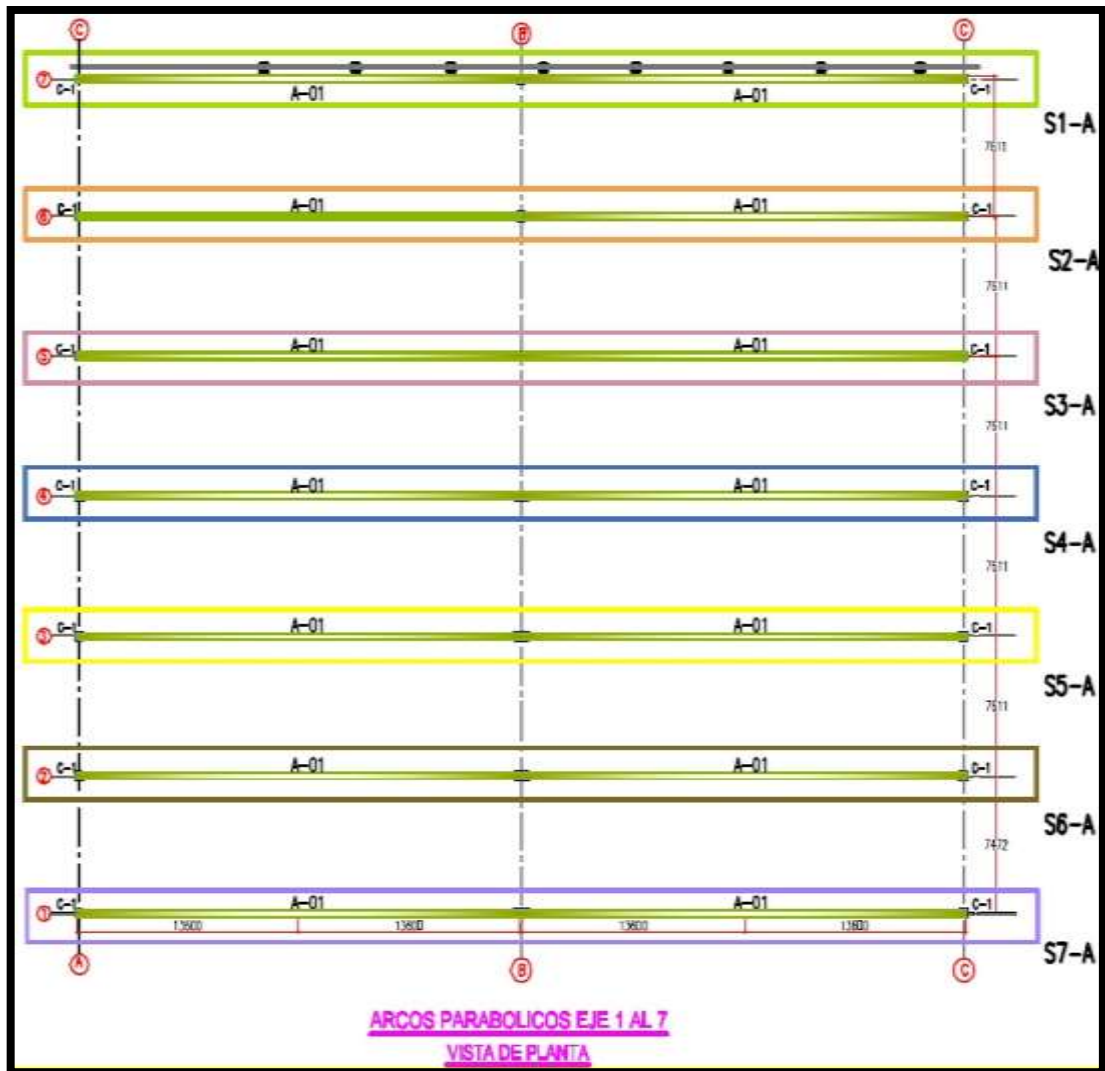


Figura 14: Elementos Horizontales- Arcos Parabólicos. (Fuente: Servimetales S.A.C.)

### 5.2.1.1.3 Elementos Transversales

Se considerando ambas naves 1 y 2, dando un total de 72 unidades de Viguetas Triangulares, 156 unidades de Viguetas Lineales (L=7.65 m) y 1500 kg de arriostres. Ver plano Anexo 6 y 7.

Para el proyecto se consideró 6 sectores, por las condiciones del plano ya que se tiene 6 paños que están entre los 7 ejes. Ver tabla 6.



Los arriostres se consideraron un solo sector, ya que para cuestión de fabricación solo se realizara la actividad de pintado de las barras lisas para ser llevadas a obra, es decir que no hay trabajo adicionales de fabricación de elemento, el código de sectorización es S1-C, ver Tabla 7.

Tabla 6: Sectorización de Elementos Verticales, según plano. (Fuente: Propia)

<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	<b>METRADO UNIDADES</b>	<b>UNIDADES X SECTOR</b>
VIGUETAS TRIANGULARES	72	12
VIGUETAS LINEALES	156	26
SECTORES	6	

Tabla 7: Leyenda para elementos Transversales, según Tabla 6. (Fuente: Propia)

<b>LEYENDA DE ELEMENTOS TRANSVERSALES</b>		
SECTOR 1	S1-B	<b>S1-C</b>
SECTOR 2	S2-B	
SECTOR 3	S3-B	
SECTOR 4	S4-B	
SECTOR 5	S5-B	
SECTOR 6	S6-B	

Para la representación gráfica, se partirá en el orden de atrás para adelante como se mencionó inicialmente, Ver figura 15.

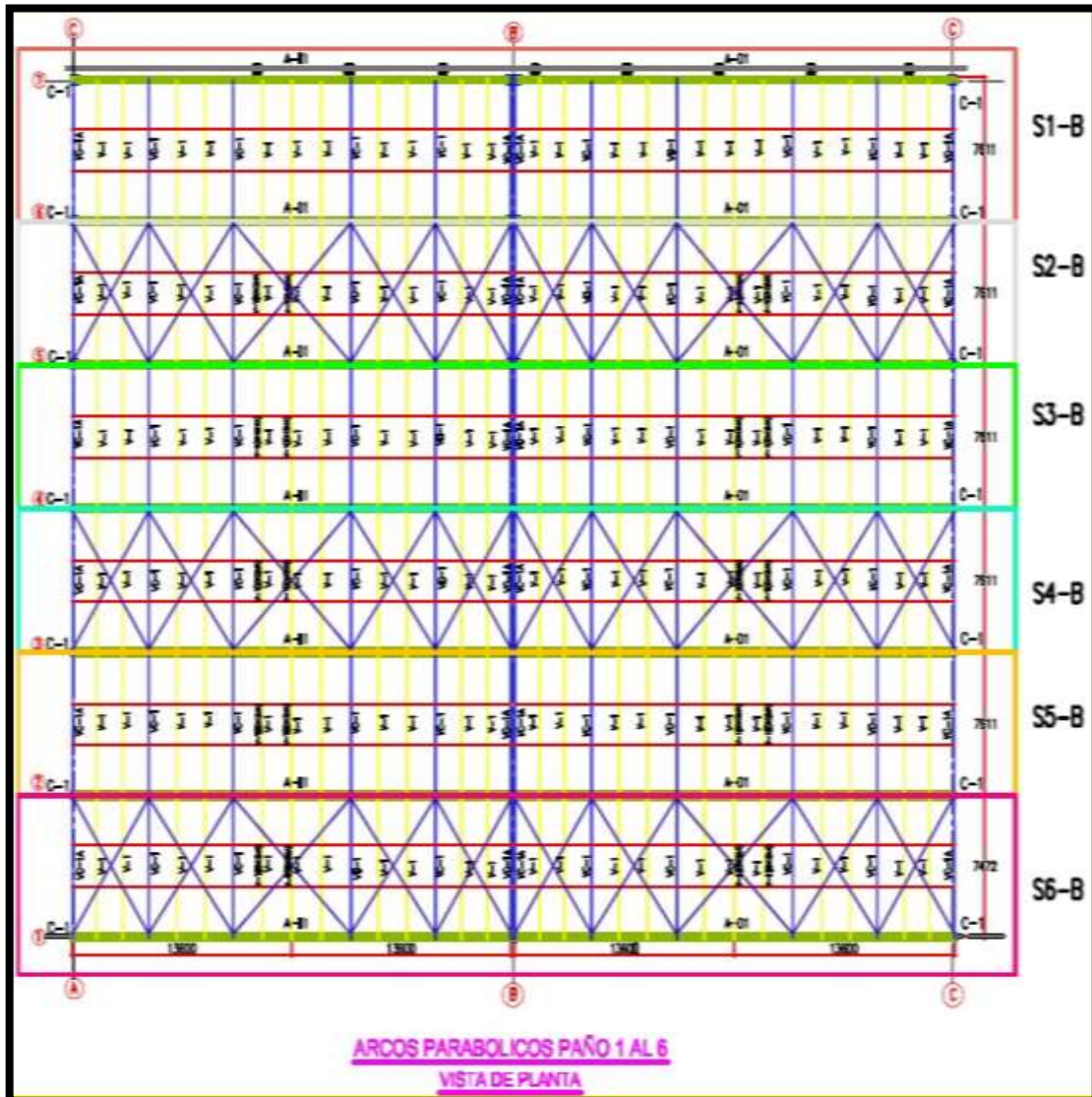


Figura 15: Estructura de Techo, Elementos Transversales – Viguetas. (Fuente: Servimetales S.A.C.)

La cantidad de los sectores que se observan en las tablas 2, 4 y 6 son de acuerdo a las unidades vistas en los planos y siguiendo el orden que se seguirá para la etapa de montaje. Para determinar la cantidad de metrado exacto y duración de cada

sector para cada actividad a realizar, tomamos los datos de la planificación maestra, como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8: Metrado y Duración de la Sectorización de actividades (Fuente Propia)

DATOS PLANIFICACIÓN MAESTRA							SECTORIZACIÓN			
ACTIVIDADES	UNIDAD	METRADO	Velocidad Und/Día	Número de unidades Productivas	Velocidad unidades productivas x día	Duración (Días)	Sectores	Identificación de Cuadrillas	Duración x Sector	Metrado x Sector
<b>COLUMNAS</b>										
Trazo	ml	42.0	75.0	1	75.0	0.6	3		0.2	14.0
Habilitación	kg	8400.0	3645.0	1	3645.0	2.3			0.8	2800.0
Armado	kg	8400.0	2810.0	1	2810.0	3.0			1.0	2800.0
Soldado	ml	33.6	8.3	1	8.3	4.1			1.4	11.2
Pintura	m2	168.0	37.0	1	37.0	4.5			1.5	56.0
<b>ARCOS</b>										
Trazo	ml	13.6	45.0	1	45.0	0.3	7		0.3	13.6
Habilitación	kg	8594.6	1160.0	1	1160.0	7.4			1.1	1227.8
Armado	kg	8594.6	620.0	1	620.0	13.9			2.0	1227.8
Soldado	nudo	1484.0	106.0	1	106.0	14.0			2.0	212.0
Pintura	m2	396.2	28.3	1	28.3	14.0			2.0	56.6
<b>VIGUETAS TRIANGULARES</b>										
Trazo	ml	7.7	30.0	1	30.0	0.3	6		0.3	7.7
Habilitación	kg	3643.2	610.0	1	610.0	6.0			1.0	607.2
Armado	kg	3643.2	480.0	1	480.0	7.6			1.3	607.2
Soldado	nudo	3096.0	255.0	2	510.0	6.1			1.0	516.0
Pintura	m2	241.9	40.0	1	40.0	6.0			1.0	40.3
<b>VIGUETAS LINEALES</b>										
Trazo	ml	7.7	40.0	1	40.0	0.2	6	*	0.2	7.7
Habilitación	kg	6520.8	685.0	1	685.0	9.5			1.6	1086.8
Armado	kg	6520.8	540.0	1	540.0	12.1			2.0	1086.8
Soldado	nudo	6708.0	294.0	2	588.0	11.4			1.9	1118.0
Pintura	m2	452.4	50.5	1	50.5	9.0			1.5	75.4
<b>ARRIOSTRES</b>										
Pintura	m2	90.0	65.0	1	65.0	1.4	1		1.4	90.0

Nota: La columna "Identificación de Cuadrillas" se especifica en el Cuadro 5

### 5.2.1.2 Tren de actividades

El tren de actividades es una secuencia que se organiza de acuerdo a un calendario y que debe seguir como base a la sectorización del Proyecto, ver ítem 5.2.1.1., para saber qué actividades se realizan por

día, pudiéndose realizarse una o dos actividades o más en un solo día, también la duración para realizar cada sector puede ser más de un día, ya que solo estarán limitadas por criterios de constructabilidad, temas técnicos y temas de recursos.

Para realizar el tren de actividades (Ver Tabla 9), seguimos lo siguiente:

1. De la Tabla 8, ver los resultados de duración de las actividades por sector.
2. El orden debe seguir a una secuencia lógica, es decir a un proceso constructivo.
3. En la secuencia también se debe considerar los recursos a utilizar, como es el caso de las cuadrillas para las actividades, ya que pasaran de un sector a otro, ver análisis de cuadrillas en el Cuadro 5.

Tabla 9: Tren de Actividades del proceso de fabricación de la etapa del casco (Fuente: Propia)

TREN DE ACTIVIDADES																											
ACTIVIDADES		SEMANA 1					SEMANA 2						SEMANA 3					SEMANA 4									
		1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27		
COLUMNAS	Trazo	S1/S2/S3																									
	Habilitación		S1	S1	S2	S2	S3																				
	Armado			S1	S1	S2	S2	S3																			
	Soldado				S1	S1	S2	S2	S3																		
	Pintura				S1	S1	S2	S2	S3	S3																	
ARCOS	Trazo	S1-A																									
	Habilitación	S1-A	S2-A	S3-A	S4-A	S5-A	S6-A	S7-A	S7-A																		
	Armado		S1-A	S1-A	S2-A	S2-A	S3-A	S3-A	S4-A	S4-A	S5-A	S5-A	S6-A	S6-A	S7-A	S7-A											
	Soldado			S1-A	S1-A	S2-A	S2-A	S3-A	S3-A	S4-A	S4-A	S5-A	S5-A	S6-A	S6-A	S7-A	S7-A										
	Pintura				S1-A	S1-A	S2-A	S2-A	S3-A	S3-A	S4-A	S4-A	S5-A	S5-A	S6-A	S6-A	S7-A	S7-A									
VIGULAS	Trazo				S1-B																						
	Habilitación				S1-B	S2-B	S3-B	S4-B	S5-B	S6-B																	
	Armado					S1-B	S2-B	S3-B	S4-B	S4-B	S5-B	S5-B	S6-B	S6-B													
	Soldado							S1-B	S2-B	S3-B	S4-B	S5-B	S6-B														
	Pintura							S1-B	S2-B	S3-B	S4-B	S5-B	S6-B														
LINEALES	Trazo								S1-B																		
	Habilitación								S1-B	S1-B	S2-B	S2-B	S3-B	S3-B	S4-B	S4-B	S5-B	S5-B	S6-B	S6-B	S6-B						
	Armado									S1-B	S1-B	S2-B	S2-B	S3-B	S3-B	S4-B	S4-B	S5-B	S5-B	S6-B	S6-B						
	Soldado													S1-B	S1-B	S2-B	S2-B	S3-B	S3-B	S4-B	S4-B	S5-B	S5-B	S6-B	S6-B		
	Pintura																S1-B	S1-B	S2-B	S2-B	S3-B	S3-B	S4-B	S4-B	S5-B	S5-B	S6-B
ARRIOSTRES	Pintura														S1-C	S1-C											

### 5.2.2 Planificación Intermedia (Lookahead Planning)

El Lookahead Planning o planificación anticipada, consiste en prever una adecuada anticipación de los requerimientos de materiales, mano de obra, equipos, información. Dándonos una lista de verificación que nos permite anticipar los requerimientos de las actividades que tenemos programadas, es decir que se planificaran la disponibilidad de recursos para cuando realmente se necesite.

Para la planificación del Lookahead el plazo no es necesariamente cuatro semanas, la idea es tener un tiempo de anticipación al cronograma para levantar las restricciones (que se muestran en el siguiente ítem 5.2.3). Es por eso que el tiempo propuesto para el Lookahead suele variar entre 3 y 6 semanas según el proyecto y esta planificación se repite dependiendo a la cantidad de semanas total que tenga el proyecto, como se mencionó anteriormente: la idea es anticiparnos al cronograma para levantar las restricciones que tiene cada actividad a realizarse.(Ver Figura 16)

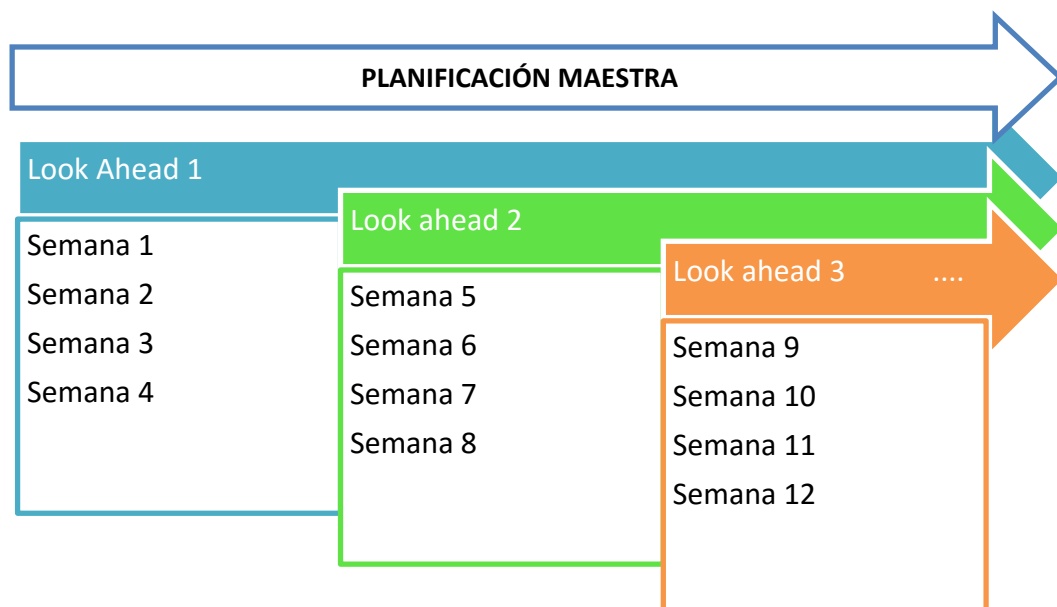


Figura 16: Lookahead cada 4 semanas, según el tiempo del proyecto (Fuente: Propia)

Pasos que hemos realizados para hacer el Lookahead:

1. De la planificación maestra separar en bloques que pueden ser cada 3, 4 ó 6 semanas, con el fin de que estos bloques de trabajo sean manejables para su respectiva revisión, es decir que antes de realizar la actividad deberán tener todo lo necesario para ejecutarla.
2. Colocar las actividades a realizar por días según al tren de actividades.

En nuestro caso en el Cuadro 2, mostraremos el Lookahead de las 4 semanas de trabajo para la fabricación de elementos de la etapa de casco, respetando el tren de actividades realizado (Ver Tabla 9), también adicionamos los requerimientos esenciales para iniciar esas actividades, ya que caso contrario generarían un retraso.

ACTIVIDADES		LOOKAHEAD (PLANIFICACIÓN INTERMEDIA)																				REQUERIMIENTOS			
		SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4								
		L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M		M	J	V
C O L U M N A S	Trazo	█																							-Contratar Mano de Obra, -Vernier, Wincha, Tiralinea, -Comprar Tubos de 250x250x4.5 mm y 200x300x8mm y Plancha de 3/8"
	Habilitación	█	█	█																					-Amoladora y discos de corte
	Armado		█	█	█																				-Contratar Mano de Obra, -Maquina de Soldar (propia) -Comprar soldadura Cellocord 6011
	Soldado			█	█	█	█																		-Contratar Mano de Obra, -Comprar soldadura Supercito 7018
	Pintura				█	█	█	█																	- Contratar Mano de Obra, -Comprar pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris y Acabado Gris Perla -Compresora (Propia)
A R C O S	Trazo	█																						-Contratar Mano de Obra, - Vernier, Wincha, Tiralinea, Tiza -Comprar angulos de 1 1/2" x 3/16" y 2"x3/16", Fierros Lisos de $\varnothing$ 3/8", $\varnothing$ 1/2" y $\varnothing$ 1"	
	Habilitación	█	█	█	█	█																		Amoladora y discos de corte	
	Armado		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█									-Contratar Mano de Obra, -Comprar soldadura Cellocord 6011	
	Soldado			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█								Contratar Mano de Obra, -Comprar soldadura Supercito 7018	
	Pintura				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█									Contratar Mano de Obra, -Comprar pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris y Acabado Gris Perla	
V I G U R L E A S	Trazo				█																			-Vernier, Wincha, Tiralinea, Tiza -Comprar angulos de 1 1/4" x 1/8" y 1"x1/8", Fierros Lisos de $\varnothing$ 3/8" y $\varnothing$ 1/2"	
	Habilitación				█	█																		-Amoladora y discos de corte	
	Armado					█	█	█	█	█	█													-Comprar soldadura Cellocord 6011	
	Soldado						█	█	█	█	█	█												-Contratar Mano de Obra, -Comprar soldadura Supercito 7018	
	Pintura							█	█	█	█	█												-Comprar pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris y Acabado Gris Perla	
L I N E A L E S	Trazo										█													-Vernier, Wincha, Tiralinea, Tiza -Comprar angulos de 1 1/4" x 1/8" y 1"x1/8", Fierros Lisos de $\varnothing$ 3/8" y $\varnothing$ 1/2"	
	Habilitación											█	█	█	█	█	█							-Amoladora y discos de corte	
	Armado												█	█	█	█	█	█	█					-Comprar soldadura Cellocord 6011	
	Soldado													█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	-Comprar soldadura Supercito 7018	
	Pintura																							-Contratar Mano de Obra, -Comprar pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris y Acabado Gris Perla	
ARRIOSTRES	Pintura																						-Comprar pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris y Acabado Gris Perla		

Cuadro 2: Lookahead para cuatro semanas, en la etapa de fabricación del casco  
(Fuente: Propia)



### 5.2.3 Análisis de restricciones

El Análisis de Restricciones se analiza para todas las semanas, ya que de esa manera es más fácil detectar los recursos necesarios de las actividades programadas y en caso de haber alguna dificultad para ejecutarla, tendremos un tiempo prudente para resolver estas restricciones y así evitar retrasos en el cronograma.

Para encontrar las restricciones de la planificación del Lookahead, lo primero que se realiza es la siguiente pregunta: ¿porque no se podría realizar las actividades de la última semana en este momento? Las respuestas que se obtengan vendrían a ser el análisis de restricciones para la última semana de esta planificación. Posteriormente se realizara el análisis para todas las semanas anteriores a la última, dichas restricciones deberán ser liberadas para ser ejecutadas sin problemas según la Planificación Semanal (Ver ítem 5.2.4 y Figura 17).

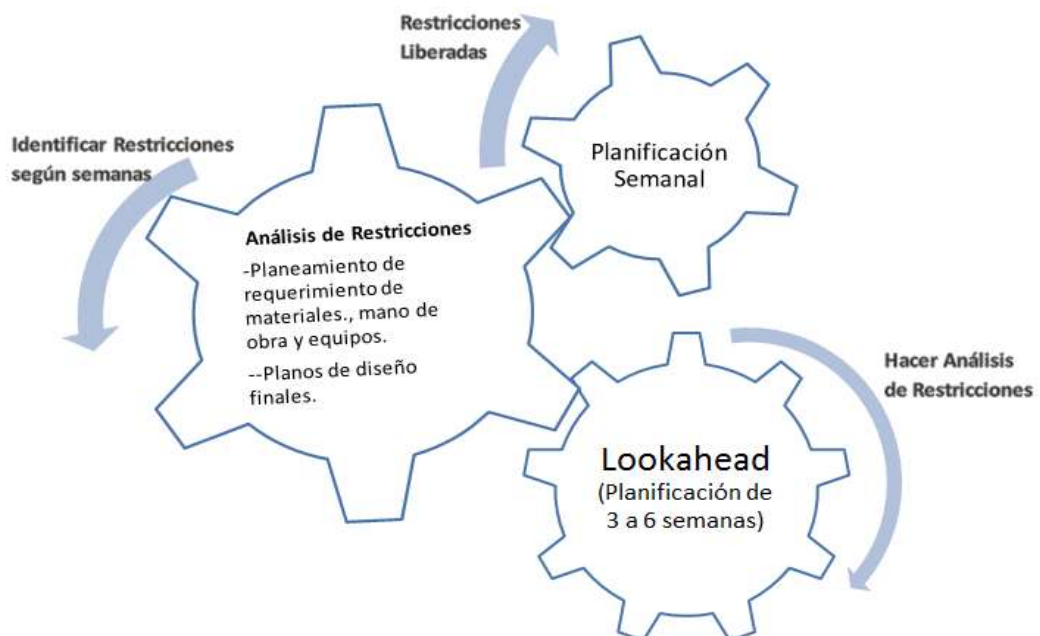


Figura 17: Ciclo de Análisis de Restricciones (Fuente: Propia)

Teniendo en cuenta la planificación del Lookahead planteada para este proyecto, se consideró evaluar las restricciones que tenemos para cada actividad, para llegar a cumplir lo programado en la semana 4, es decir que se debe analizar cada semana para no tener inconvenientes cuando se tenga que realizar la actividad programada. Para llegar a conocer los recursos necesarios como materiales, mano de obra, equipos y diseño que son los planos finales de las actividades, se debe hacer un análisis por cada semana de las actividades a realizar ver el cuadro que se muestran en el Anexo 8.

Se muestra las restricciones que se tienen, para dejar de cumplir la programación, para la semana 4 como se ve en el Cuadro 3:

SEMANA 4						
	Lunes 24	Martes 25	Miercoles 26	Jueves 27	Viernes 28	Sábado 29
<b>VIGUETAS LINEALES</b>						
Armado	S5-B	S6-B	S6-B			
Soldado	S4-B	S4-B	S5-B	S5-B	S6-B	S6-B
Pintura	S3-B	S3-B/ S4-B	S4-B	S5-B	S5-B / S6-B	S6-B
<b>LOOKAHEAD (Todos los requerimientos seran para la partida de Viguetas Lineales)</b>						
Mano de Obra						
Materiales	- Soldadura Cellocord 6011, 17 Kg	- Soldadura Cellocord 6011, 17 Kg	- Soldadura Cellocord 6011, 17 Kg	- Soldadura Cellocord 6011, 17 Kg	- Soldadura Cellocord 6011, 17 Kg	- Soldadura Cellocord 6011, 9 Kg
	- Soldadura Supercito 7018, 9 Kg	- Soldadura Supercito 7018, 9 Kg	- Soldadura Supercito 7018, 9 Kg	- Soldadura Supercito 7018, 9 Kg	- Soldadura Supercito 7018, 9 Kg	- Soldadura Supercito 7018, 5 Kg
	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 10 Gal.	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 9 Gal.	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 9 Gal.	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 9 Gal.	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 18 Gal.	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 9 Gal.
	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 6 Gal.	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 5 Gal.	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 5 Gal.	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 5 Gal.	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 9 Gal.	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 5 Gal.
	- Tinner 2 gal	- Tinner 2 gal	- Tinner 2 gal	- Tinner 2 gal	- Tinner 4 gal	- Tinner 2 gal
	-Brocha 6 unid		-Brocha 6 unid		-Brocha 6 unid	
Equipos	Máquina Soldadora (Propio)	Compresora (Propio)				
Otros						

Cuadro 3: Análisis de Restricciones para la semana cuatro (Fuente: Propia)

Se escogió la semana 2, dentro de todas las semanas para hacer el análisis de restricciones, por ser la que presenta durante su periodo un mayor número de actividades a realizar (Ver Cuadro 4).

SEMANA 2						
	Lunes 10	Martes 11	Miercoles 12	Jueves 13	Viernes 14	Sábado 15
<b>COLUMNAS</b>						
Pintura	S3					
<b>ARCOS</b>						
Habilitación de Acero	S7-A	S7-A				
Armado	S3-A	S4-A	S4-A	S5-A	S5-A	S6-A
Soldado	S3-A	S3-A	S4-A	S4-A	S5-A	S5-A
Pintura	S2-A	S3-A	S3-A	S4-A	S4-A	S5-A
<b>VIGUETAS TRIANGULARES</b>						
Habilitación de Acero	S4-B	S5-B	S6-B			
Armado	S3-B	S4-B	S4-B	S5-B	S5-B	S6-B
Soldado	S1-B	S2-B	S3-B	S4-B	S5-B	S6-B
Pintura		S1-B	S2-B	S3-B	S4-B	S5-B
<b>VIGUETAS LINEALES</b>						
Trazo			S1-B			
Habilitación de Acero			S1-B	S1-B/ S2-B	S2-B	S3-B
Armado				S1-B	S1-B	S2-B
Soldado						S1-B
<b>LOOKAHEAD</b>						
Mano de Obra						
Materiales	- 315.5 kg de Angulos 1 1/2"x3/16", 24 kg de Angulos 2 x 3/16", 99 kg de Barras lisas Ø1/2", 62 kg de Barras lisas Ø3/8" y 115 kg de Barras lisas Ø1" (Arcos)	- 315.5 kg de Angulos 1 1/2"x3/16", 24 kg de Angulos 2 x 3/16", 99 kg de Barras lisas Ø1/2", 62 kg de Barras lisas Ø3/8" y 115 kg de Barras lisas Ø1" (Arcos)				
	- 268Kg de Angulos 1 1/4x 1/8" y 338 kg de Barras Lisas Ø 3/8" (Viguetas Triangulares)	- 268Kg de Angulos 1 1/4x 1/8" y 338 kg de Barras Lisas Ø 3/8" (Viguetas Triangulares)	- 268Kg de Angulos 1 1/4x 1/8" y 338 kg de Barras Lisas Ø 3/8" (Viguetas Triangulares)	- 264Kg de Angulos 1 1/4x 1/8" y 279.4 kg de Barras Lisas Ø 3/8" (Viguetas Lineales)	- 264Kg de Angulos 1 1/4x 1/8" y 279.4 kg de Barras Lisas Ø 3/8" (Viguetas Lineales)	- 264Kg de Angulos 1 1/4x 1/8" y 279.4 kg de Barras Lisas Ø 3/8" (Viguetas Lineales)
	- Soldadura Cellocord 6011, 10 Kg (Arcos) y 15 kg (Viguetas Triangulares)	- Soldadura Cellocord 6011, 10 Kg (Arcos) y 15 kg (Viguetas Triangulares)	- Soldadura Cellocord 6011, 10 Kg (Arcos) y 15 kg (Viguetas Triangulares)	- Soldadura Cellocord 6011, 10 Kg (Arcos) , 15 kg (Viguetas Triangulares) y 17 kg (viguetas Lineales)	- Soldadura Cellocord 6011, 10 Kg (Arcos) , 15 kg (Viguetas Triangulares) y 17 kg (viguetas Lineales)	- Soldadura Cellocord 6011, 10 Kg (Arcos) , 15 kg (Viguetas Triangulares) y 17 kg (viguetas Lineales)
	- Soldadura Supercito 7018 , 17 Kg (Arcos) y 8kg (Viguetas Triangulares)	- Soldadura Supercito 7018 , 17 Kg (Arcos) y 8kg (Viguetas Triangulares)	- Soldadura Supercito 7018 , 17 Kg (Arcos) y 8kg (Viguetas Triangulares)	- Soldadura Supercito 7018 , 17 Kg (Arcos) , 8kg (Viguetas Triangulares) y 9 kg (Viguetas Lineales)	- Soldadura Supercito 7018 , 17 Kg (Arcos) , 8kg (Viguetas Triangulares) y 9 kg (Viguetas Lineales)	- Soldadura Supercito 7018 , 17 Kg (Arcos) , 8kg (Viguetas Triangulares) y 9 kg (Viguetas Lineales)
	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 11 Gal. (Arcos)	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 11 Gal. (Arcos) y 4 Gal (Viguetas Triangulares)	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 11 Gal. (Arcos) y 4 Gal (Viguetas Triangulares)	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 11 Gal. (Arcos) y 4 Gal (Viguetas Triangulares)	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 11 Gal. (Arcos) y 4 Gal (Viguetas Triangulares)	- Pintura epoxica anticorrosiva, Base Gris Perla 11 Gal. (Arcos) y 4 Gal (Viguetas Triangulares)
	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 5 Gal. (Arcos)	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 5 Gal. (Arcos) y 2 Gal (Vigueta Triangulares)	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 5 Gal. (Arcos) y 2 Gal (Vigueta Triangulares)	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 5 Gal. (Arcos) y 2 Gal (Vigueta Triangulares)	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 5 Gal. (Arcos) y 2 Gal (Vigueta Triangulares)	- Pintura epoxica anticorrosiva, Acabado Gris Perla 5 Gal. (Arcos) y 2 Gal (Vigueta Triangulares)
	- Tinner 2 Gal (Arcos)	- Tinner 2 Gal (Arcos) y 1 Gal (Viguetas Triangulares)	- Tinner 2 Gal (Arcos) y 1 Gal (Viguetas Triangulares)	- Tinner 2 Gal (Arcos) y 1 Gal (Viguetas Triangulares)	- Tinner 2 Gal (Arcos) y 1 Gal (Viguetas Triangulares)	- Tinner 2 Gal (Arcos) y 1 Gal (Viguetas Triangulares)
	-Brocha 6 Unid (Arcos)	-Brocha 4 Und (Viguetas Triangulares)	-Brocha 6 Unid (Arcos) y 4 Und (Viguetas Triangulares)		-Brocha 6 Unid (Arcos) y 4 Und (Viguetas Triangulares)	
Equipos	Máquina Soldadora (Propio)	Compresora (Propio)				Máquina Soldadora (Propio)
Otros			- Plano de fabricacion de Viguetas Lineales			

Nota: Los equipos son propios pero se revisan al inicio de cada actividad.

Cuadro 4: Análisis de Restricciones para la semana dos (Fuente: Propia)

Para el presente trabajo se organizó el recurso de mano de obra en distintas cuadrillas para que rotaran para realizar cada actividad; cada una de ellas es representada por un color distintivo, se consideró que el periodo de trabajo será del 03 de Agosto del 2015 al 29 de Agosto del 2015.

Se puede observar en el Cuadro 5, que tres cuadrillas de la partida de Arcos, no rotan en otras actividades dentro de nuestra planificación de Lookahead, ya que nuestro estudio es solo para la etapa de fabricación a nivel de casco. En realidad estas cuadrillas una vez finalizada la partida de arcos, se pasaran a las partidas restantes que son: fabricación de correas (canal U y de celosía), columnas posteriores, columnas frontales y portones; las cuales para nuestro estudio no estamos contemplando.

ACTIVIDADES		CUADRILLAS																										
		SEMANA 1						SEMANA 2						SEMANA 3						SEMANA 4								
		1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27			
C O L U M N A S	Trazo	■																										
	Habilitación	■	■	■																								
	Armado		■	■	■																							
	Soldado			■	■	■	■																					
	Pintura			■	■	■	■	■																				
A R C O S	Trazo	■																										
	Habilitación	■	■	■	■	■	■	■	■																			
	Armado		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									
	Soldado			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Pintura			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
V I G U E T A S	T R I A N G U L O S	Trazo			■																							
		Habilitación			■	■	■	■	■	■	■																	
		Armado			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■														
	L I N E A L E S	Soldado							+	+	+	+	+	+														
		Pintura								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
		Habilitación									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
A R R I O S T R E S	Pintura																											

Nota: + Se integra 1 persona más de la cuadrilla original.  
\* Se retira 1 persona y pasa a otra partida restante.

Cuadro 5: Distribución de Cuadrillas en la etapa de fabricación del casco (Fuente: Propia)

#### 5.2.4 Planificación semanal

La planificación semanal corresponde a desglosar cada semana con sus actividades del bloque de Lookahead planteado, para hacer una mejor planificación más detallada.

Para nuestra investigación del proceso de planificación del Lookahead (Ver Cuadro 2) se optó por escoger la semana 2, por ser la que presenta más partidas a realizar. Además al final de cada semana se deberá realizar una evaluación con la realidad para ver el Porcentaje de plan cumplimiento (PPC) de las actividades planificadas, este último punto no se contempló para esta investigación.

En la planificación semanal cada actividad a realizar en el día representa a un 100 % (Ver Cuadro 6), cabe recordar los metrados o velocidades de las cuadrillas por día se muestran en la Tabla 8.

Nota: Se recuerda que solo para evaluar el rendimiento se dividió las horas del trabajo semanal en 8 por día, pero realmente se trabaja de lunes a jueves 9 horas, viernes 8 horas y el sábado 4 horas, por lo que si hubiera algún retraso podría culminarse el sábado en la tarde o el domingo para cumplir con la programación.

**PROGRAMACIÓN SEMANA 2**

PARTIDA	LUNES 10	MARTES 11	MIÉRCOLES 12	JUEVES 13	VIERNES 14	SABADO 15	PC SEMANAL
<b>COLUMNAS</b>							
PINTURA	Pintado de Columnas (S3)						
PC DIARIO	100%						100%
<b>ARCO</b>							
HABILITACION	Acero para Arco (S7-A)	Acero para Arco (S7-A)					
PC DIARIO	100%	100%					100%
ARMADO	Armado de Arco (S3-A)	Armado de Arco (S4-A)	Armado de Arco (S4-A)	Armado de Arco (S5-A)	Armado de Arco (S5-A)	Armado de Arco (S6-A)	
PC DIARIO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SOLDADO	Soldado de Arco (S3-A)	Soldado de Arco (S3-A)	Soldado de Arco (S4-A)	Soldado de Arco (S4-A)	Soldado de Arco (S5-A)	Soldado de Arco (S5-A)	
PC DIARIO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
PINTURA	Pintado de Arco (S2-A)	Pintado de Arco (S3-A)	Pintado de Arco (S3-A)	Pintado de Arco (S4-A)	Pintado de Arco (S4-A)	Pintado de Arco (S5-A)	
PC DIARIO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>VIGUETAS TRIANGULARES (VT)</b>							
HABILITACION	Acero para VT (S4-B)	Acero para VT (S5-B)	Acero para VT (S6-B)				
PC DIARIO	100%	100%	100%				100%
ARMADO	Armado de VT (S3-B)	Armado de VT (S4-B)	Armado de VT (S4-B)	Armado de VT (S5-B)	Armado de VT (S5-B)	Armado de VT (S6-B)	
PC DIARIO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	125%
SOLDADO	Soldado de VT (S1-B)	Soldado de VT (S2-B)	Soldado de VT (S3-B)	Soldado de VT (S4-B)	Soldado de VT (S5-B)	Soldado de VT (S6-B)	
PC DIARIO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
PINTURA		Pintado de VT (S1-B)	Pintado de VT (S2-B)	Pintado de VT (S3-B)	Pintado de VT (S4-B)	Pintado de VT (S5-B)	
PC DIARIO		100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>VIGUETAS LINEALES (VL)</b>							
TRAZO			Trazo de VL (S1-B)				
PC DIARIO			100%				0%
HABILITACION			Acero para VL (S1-B)	Acero para VL (S1-B/S2-B)	Acero para VL (S2-B)	Acero para VL (S3-B)	
PC DIARIO			100%	100%	100%	100%	100%
ARMADO				Armado de VL (S1-B)	Armado de VL (S1-B)	Armado de VL (S2-B)	
PC DIARIO				100%	100%	100%	100%

Cuadro 6: Planificación Semanal de la semana dos (Fuente: Propia)

### 5.2.5 Planificación diaria

Esta programación es extraer cada día de la planificación semanal para saber al detalle lo que se realizara por cada día y seguir lo programado para la semana. Esto también controla los avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y obtengamos el Porcentaje de Plan Cumplido correspondiente.

La planificación diaria (Ver Tabla 10), deberá incluir:

1. Las actividades que se realizaran durante el día.
2. El número de obreros de cada cuadrilla básica así como el número de cuadrillas.
3. El metrado para cada actividad programada a realizar.
4. La productividad de mano de obra de cada cuadrilla básica.
5. El cálculo del rendimiento para cada actividad a partir de los valores obtenidos.

Tabla 10: Planificación Diaria para el viernes 14 de agosto (Fuente: Propia)

#### PLANIFICACIÓN DIARIA

Fecha Jueves: 13 de Agosto 2015  
 Planificación Diaria  
 Para Viernes: 14 de Agosto 2015

ACTIVIDAD	N° Personal	N° Cuadrilla	Total Personal	Metrado	Unidad	Velocidad	N° hr/Día	HH/und	N° Días	% Cumplido
<b>ARCO</b>										
Armado	3	1	3	614	kg	630	8	0.039	1	100%
Soldado	2	1	2	106	nudo	106	8	0.151	1	100%
Pintura	6	1	6	28.3	m2	28.3	8	1.696	1	100%
<b>VIGUETAS TRIANGULARES</b>										
Soldado	1	2	2	258	nudo	294	8	0.062	1	100%
Pintura	3	1	3	23.1	m2	24	8	1.039	1	100%
<b>VIGUETAS LINEALES</b>										
Habilitación	2	1	2	533	kg	543.4	8	0.030	1	100%
Armado	2	1	2	533	kg	540	8	0.030	1	100%
									<b>% Cumplimiento</b>	<b>100%</b>



### 5.2.6 Control de Actividades

El Control de las Actividades de Producción (CAP), para la presente investigación se basa en el control de actividades de producción, para la fabricación del casco, por lo que se debería seguir el monitoreo y control con las siguientes listas de control para las respectivas actividades, con lo que se minimizaría reprocesos causados por que no llegamos al alcance acordado con el cliente. Para lo cual se presenta unas listas de control donde se encuentran las realizadas por la empresa y las que proponemos por ser necesarias para tener un registro y certeza de que las actividades se realizaron de acuerdo al diseño; y de no de no estar desarrollándose de acuerdo a diseño sirve para tomar las acciones correctivas de manera oportuna disminuyendo costos, reprocesos y tiempo (Ver Cuadro 7).

**Conformidad de las Listas de Control**

Actividad		Lista de Control	Fecha	Responsable	Conforme	No Conforme	
C O L U M N A	Trazo	Modulación y Dimensionamiento					
	Habilitación	Verificación del corte					
	Armado	Pre Armado de Piezas					
	Soldado	Soldadura (mensula o tapa y empalme)					
		Limpieza mecánica					
	Pintura	Calidad de arenado (SP)					
		Dosificación de pintura					
		Control de vacíos					
Control de espesor							
	Trazo	Dimensionamiento					
	Habilitación	Modulación de materiales y cantidad					
	Armado	Visual para modelo, colocación de refuerzo para soldadura y puntos de soldadura					
	Soldado	Soldadura					
		Revirado de Arco					
		Limpieza mecánica					
	Pintura	Calidad de arenado (SP)					
		Dosificación de pintura					
Control de vacíos							
Control de espesor							
V I G U E T A S	T R I A N G U L A R E S	Trazo	Dimensionamiento				
		Habilitación	Modulación de materiales y cantidad				
		Armado	Visual para modelo, colocación de refuerzo para soldadura y puntos de soldadura				
		Soldado	Soldadura				
			Revirado de Arco				
			Limpieza mecánica				
		Pintura	Calidad de arenado (SP)				
			Dosificación de pintura				
	Control de vacíos						
	Control de espesor						
	L I N E A L E S	Trazo	Dimensionamiento				
		Habilitación	Modulación de materiales y cantidad				
		Armado	Visual para modelo, colocación de refuerzo para soldadura y puntos de soldadura				
		Soldado	Soldadura				
			Revirado de Arco				
			Limpieza mecánica				
Pintura		Calidad de arenado (SP)					
		Dosificación de pintura					
	Control de vacíos						
	Control de espesor						
ARRIOSTES	Pintura	Calidad de arenado (SP)					
		Dosificación de pintura					
		Control de vacíos					
		Control de espesor					

**Nota:** Los responsables de verificar que todas las actividades se cumplan es el Jefe de Área y el que lleva el registro de las listas de control es el Supervisor de planta.

**Cuadro 7: Listas de control de las actividades de Producción para el proceso de Fabricación del casco (Fuente: Propia)**

### 5.2.6.1 Descripción de secuencia de control de actividades

Con la Tabla 7, llevaremos un registro de la conformidad de las listas de control, de las cuales a continuación presentaremos las secuencias necesarias para llevar un adecuado monitoreo de las actividades a realizar.

Actividades de la partida: **Columna** (Ver Figura 18)

- Trazo:
  - Lista de control de Modulación y Dimensionamiento (Ver Anexo 9), en la cual se tomarán los datos de:
    - Espesor: donde se clasifica el material según área y espesor.
    - Modulación de Materiales: se verifica que el área y largo del material cumpla para el dimensionamiento según diseño (plano) para minimizar los desperdicios.
    - Dimensionamiento: se verifica que se respeten las dimensiones del elemento según plano.
- Habilitación:
  - Lista de control de Verificación de corte: se observa que la forma del corte siga el trazo. (Ver Anexo 10)
- Armado:
  - Lista de control de Pre Armado de piezas: verifica la colocación de piezas de acuerdo al diseño. (Ver Anexo 11)
- Soldado:
  - Lista de control de Soldadura (ménsula o tapa y empalme): en esta etapa se hace dos revisiones para evitar porosidad (vacíos): una visual en el cordón de soldadura y otra de tinta penetrante que es la verificación final. (Ver Anexo 12)
  - Lista de control de Limpieza mecánica: se verifica el esmerilado se haya hecho adecuadamente para zonas de soldadura (se deja las piezas lisas y limpias). (Ver Anexo 13)

- Pintura:

-Lista de control de Calidad de Arenado (SP): se verifica que se siga las especificaciones del plano para el tipo de arenado. (Ver Anexo 14)

-Lista de control de Dosificación de Pintura: se verifica que la mezcla de disolvente, catalizador y pintura (componente A, B o C), tenga la proporción adecuada, según la especificación técnica de la pintura. (Ver Anexo 15)

-Lista de control de Vacíos: se verifica visualmente que no haya zonas sin pintar. (Ver Anexo 16)

-Lista de control de Espesor: verificar por medición que se cumpla el espesor dado en el plano. (Ver Anexo 17)

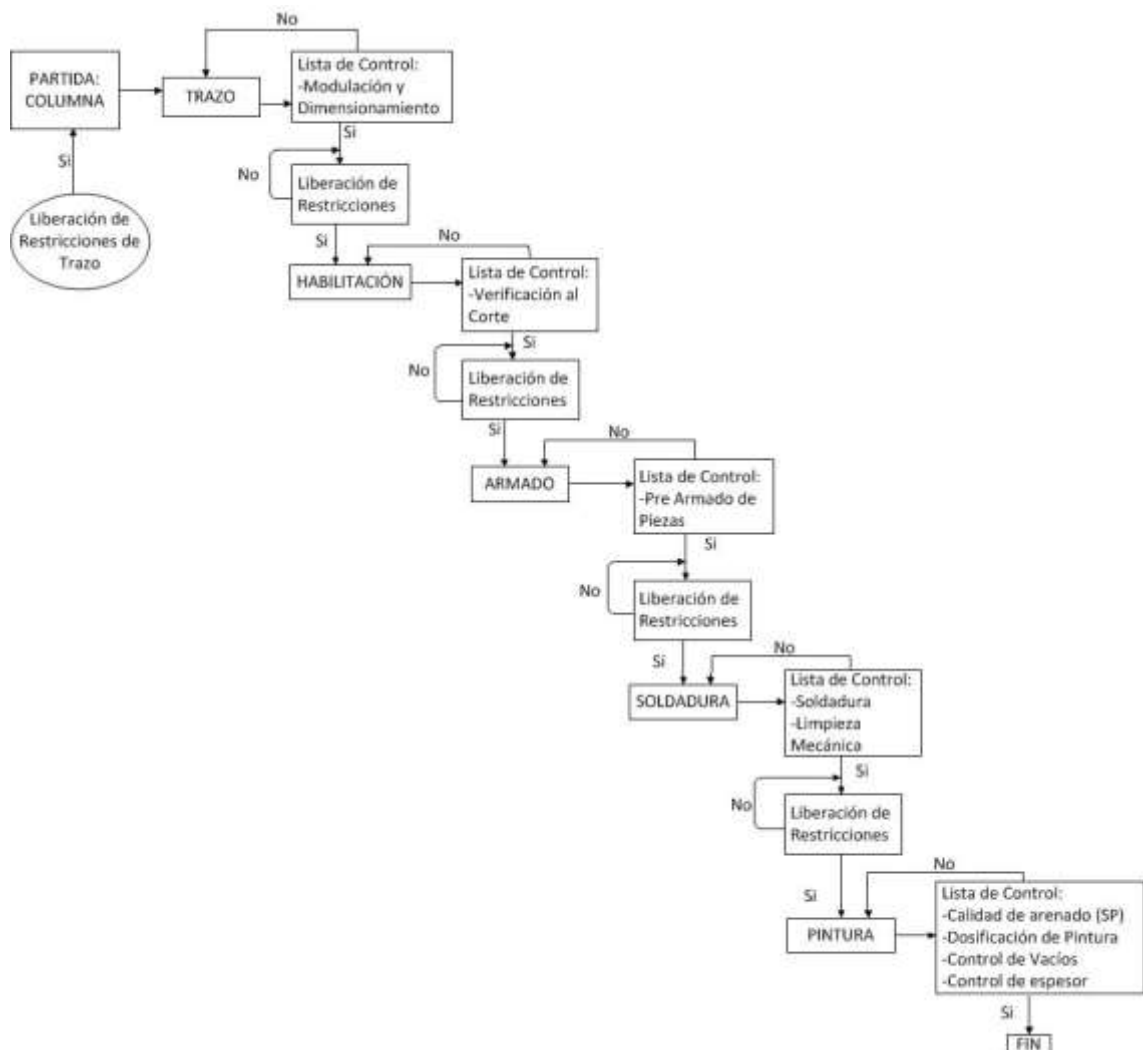


Figura 18: Secuencia del control de actividades de la partida Columna (Fuente: Propia)

Actividades de la partida: **Arcos** (Ver Figura 19)

- Trazo:

-Lista de control de Dimensionamiento: se revisa que el trazo haya seguido las coordenadas del plano de fabricación del arco, ya que esto será usado para fabricar la plantilla. (Ver Anexo 18)

- Habilitación:

-Lista de control de Modulación de materiales y cantidad: de acuerdo a la cantidad de material usado en la plantilla, se selecciona el material para evitar desperdicios. (Ver Anexo 19)

- Armado:

-Lista de control de Visual para modelo, colocación de refuerzo para soldadura y puntos de soldadura: se verifica la sección del arco, la colocación de refuerzos para la soldadura y que se coloquen todos los puntos de soldadura en los nudos. (Ver Anexo 20)

- Soldado:

-Lista de control de Soldadura: en esta etapa se hace dos revisiones para evitar porosidad (vacíos): una visual en el cordón de soldadura (en nudos y base de arco) y otra de tinta penetrante para la base del arco. (Ver Anexo 21)

-Lista de control de Revirado de Arco: se revisa que el arco no presente torsión en los elementos que lo conforman. (Ver Anexo 22)

-Lista de control de Limpieza mecánica: se verifica el esmerilado se haya hecho adecuadamente para zonas de soldadura (se deja las piezas lisas y limpias). (Ver Anexo 23)

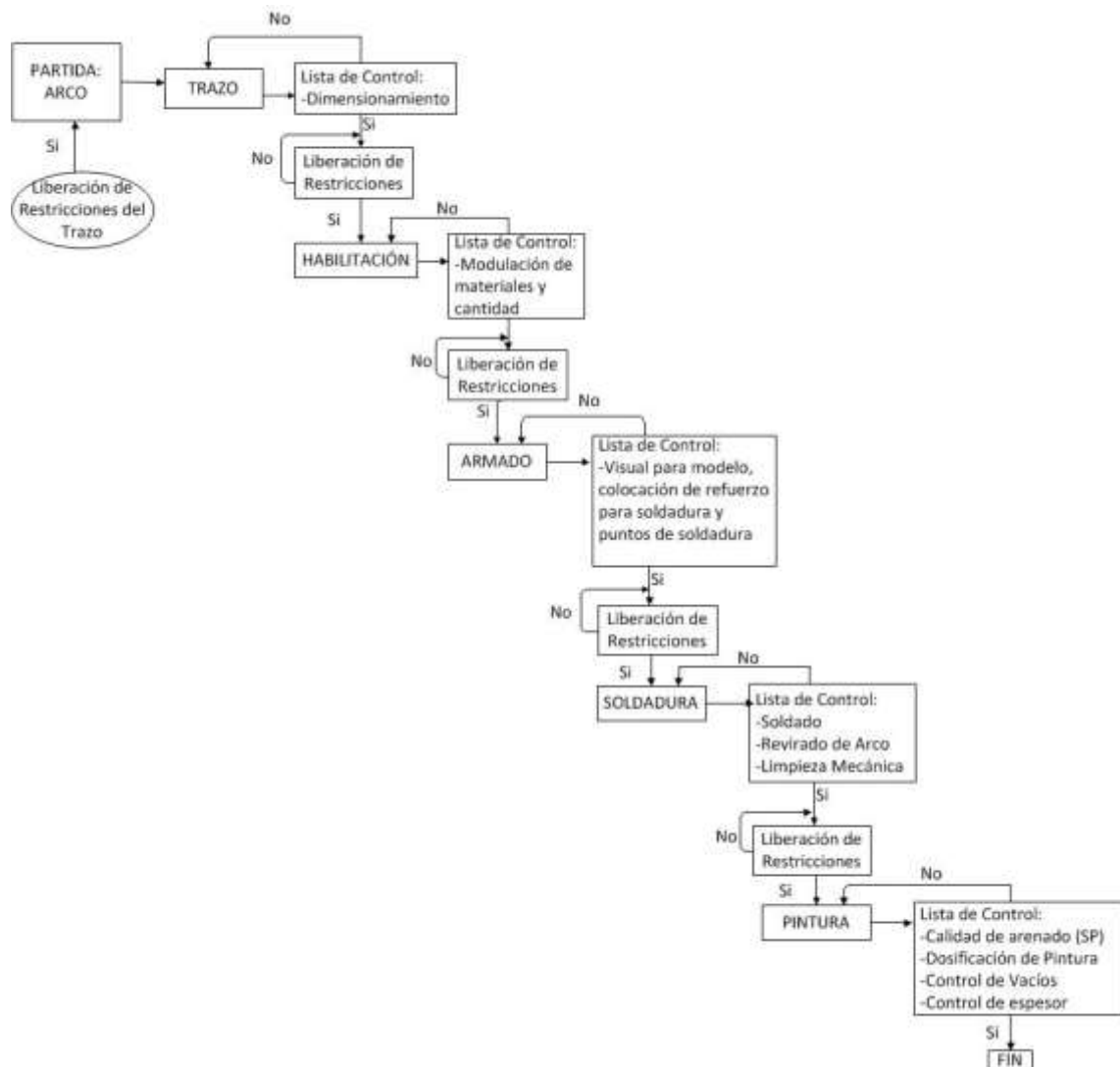


Figura 19: Secuencia del control de actividades de la partida Arco (Fuente: Propia)

Para las partidas de Viguetas Triangulares y Viguetas Lineales se repite la descripción según funcionalidad, pero se controlan diferentes elementos y diseños por lo que sus listas de control son distintas.

En el caso de la actividad de la pintura las listas de control se repiten para las partidas de: columnas, arcos, viguetas triangulares, viguetas lineales y arriostres.

## CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Análisis e interpretación de resultados

Para nuestro proyecto se evaluará la productividad en relación al total de horas hombres y costo directo de Mano de Obra (Oficiales, operarios y ayudantes) basadas en el presupuesto del proyecto y de lo obtenido en la planificación Maestra del Lookahead, para ver la diferencia al aplicar la herramienta de Lookahead. De acuerdo a la aplicación del Lookahead hemos obtenido el número de horas hombre (HH) y el costo de esta mano de obra (MO) necesarias para realizar las actividades de la fabricación de estructuras metálicas a nivel de casco, estos datos son necesarios para comparar la productividad con los datos del presupuesto.

- Datos del Presupuesto

Tabla 11: Presupuesto de Estructuras Metálicas - Etapa de Casco (Fuente: Servimetales S.A.C.)



#### PRESUPUESTO

OBRA : Construcción Estructura Metálica para Techo Almacén  
 PROP. : **UNITRADE**  
 UBIC. : El Callao Presup. No. : 003-2015M  
 AT. : Ing. Víctor Rodríguez Fecha : 23/05/2015

PART.	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	PREC. UNIT.	PARCIAL
<b>ESTRUCTURAS METALICAS (ETAPA DE CASCO)</b>					
<b>1.00</b>	<b><u>ETAPA DE FABRICACIÓN</u></b>				
1.01	Arco Parabólico L = 27.30 mt. (prom.)	Und	14.00	1,573.10	22,023.37
1.02	Columna Tubular C-1, h = 8.00 mt.	Und	7.00	968.75	6,781.26
1.03	Columna Tubular C-2, h = 8.00 mt.	Und	14.00	609.49	8,532.82
1.04	Viguetas VC-1, L=7.50 mt.	Und	72.00	132.26	9,522.49
1.05	Viguetas V-1, L=7.50 mt.	Und	156.00	114.80	17,908.66
1.06	Arriestre Horizontal	Kg	1,572.54	1.57	2,471.21
				<b>Costo Directo (1)</b>	67,239.82
				<b>Gasto Generales (15%)</b>	10,085.97
				<b>Utilidades (12.5%)</b>	9,665.72
				<b>TOTAL 1 (\$)</b>	<b>86,991.51</b>

**NOTA:** El presupuesto no incluye IGV.

Del presupuesto de fabricación de Estructuras Metálicas - Etapa de Casco (Ver Tabla 11) se obtuvo el costo directo para toda la etapa de fabricación a nivel casco y con el análisis de precios unitarios se desglosó los costos directos de materiales, mano de obra, equipos y transporte para ver lo que representa, ver la Figura 20. Para el tiempo de horas trabajadas se observó el cronograma y número de cuadrillas del análisis de precios unitarios.

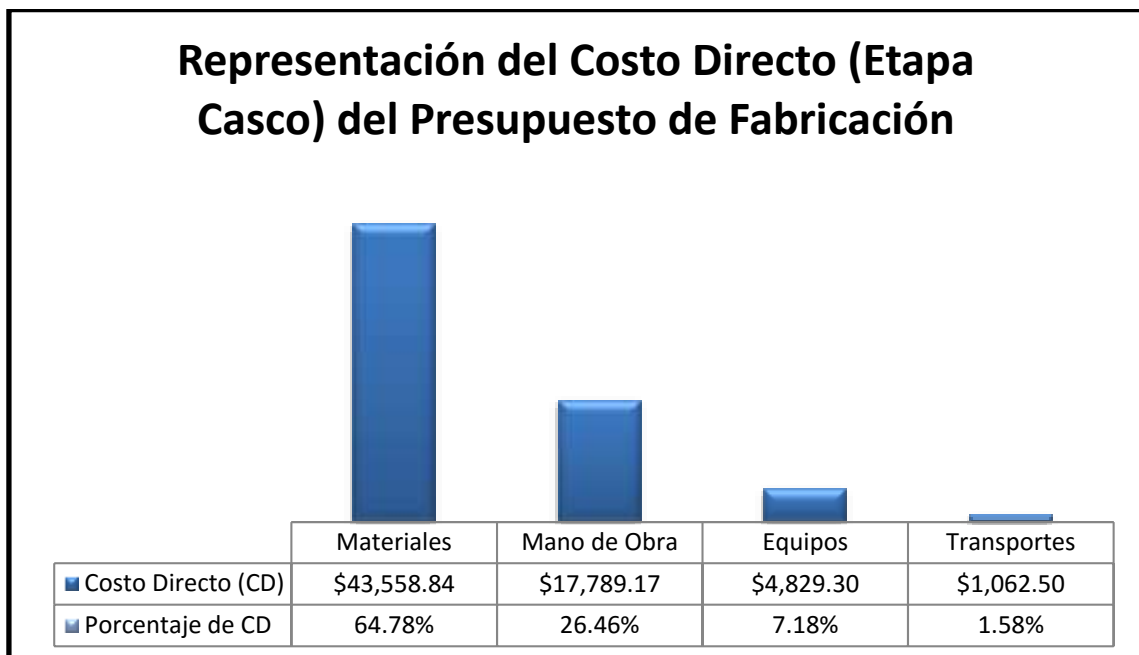


Figura 20: Costo Directo del Presupuesto de Estructuras Metálicas - Etapa de Casco (Fuente: Servimetales S.A.C.)

De acuerdo a la representación gráfica del costo directo, se observa que:

-Los materiales representan el 64.78% del costo directo del presupuesto, que es el costo previsto para la adquisición de la cantidad de materiales e insumos necesarios para la fabricación que son parte del desarrollo de una actividad. Por lo que al estar sujeto a terceros, este porcentaje no representa mayor reducción, porque estos precios son establecidos por el mercado, del cual dependería su variación.



-La mano de obra representa el 26.46% del costo directo del presupuesto, que es el costo que se prevé según el tipo de trabajos y cantidad de trabajadores requeridos para un periodo de tiempo determinado según lo planificado para la ejecución de las actividades en el proceso de fabricación, por lo que de acuerdo a nuestra investigación aplicando la herramienta del Lookahead, puede tener una mayor reducción en su costo.

-Los Equipos representan el 7.18% del costo directo del presupuesto, que es el costo previsto por el tipo y la cantidad de maquinaria o equipos para la fabricación que serán utilizados en la ejecución de una o más actividades para un periodo de tiempo requerido, ya que los equipos son propios de la empresa y no existe un costo de alquiler, pero si los costos por depreciación de maquinaria y equipos, mantenimiento, combustible (petróleo), lubricantes, etc. Propios de la utilización y desgaste de la maquinaria por lo que no hay mayor reducción en sus costos.

-El Transporte representa el 1.58% del costo directo del presupuesto, es el costo previsto por el traslado de la cantidad de materiales adquirido para la ejecución de una o más actividades necesarias para el proceso de fabricación.

Por el que no hay mayor reducción porque no tiene mayor incidencia en el presupuesto y debido a que el precio está establecido por el mercado.

- Datos del Lookahead

De los datos obtenidos anteriormente en los Ítem 5.2.1 y 5.2.2, referentes a la Planificación del Lookahead, podemos llegar a los siguientes resultados.

Para determinar la cantidad total de horas hombre (HH) y el precio, se analizó la Tabla 1 (Planificación Maestra), evaluando las columnas Recursos

mano de obra y Duración del proyecto; y del análisis de Precios Unitarios se extrajo el costo de Mano de Obra (MO).

Para lo cual se realizó sus respectivos cálculos en base a la Ecuación 1- Horas Hombre totales y Ecuación 2- Costo de Mano de Obra de las horas hombre total, detalladas a continuación.

$$HH_{TOTAL} = \sum \text{Cant.Op.} \times (\text{Duración}) \times N + \sum \text{Cant.Of.} \times (\text{Duración}) \times N \\ + \sum \text{Cant.Ay.} \times (\text{Duración}) \times N$$

Ecuación 1: Calculo de Horas Hombre

Datos:

$HH_{TOTAL}$  = Horas hombre trabajadas total para ejecutar el proyecto.

Cant. Op.= Cantidad de operarios necesarios para realizar la actividad

Cant. Of. =Cantidad de oficiales necesarios para realizar la actividad

Cant. Ay. =Cantidad de ayudantes necesarios para realizar la actividad

Duración= Numero en días de trabajo

N= Número de horas trabajadas durante el día

En base a los datos dados de las horas hombre trabajadas por día teóricamente para la Mano de Obra (Oficial, Operario y Ayudante), y de la Planificación Maestra (Ver Tabla 1) se obtuvo la duración en días de trabajo ejecutable, por lo que al aplicar la Ecuación 1 dadas líneas arriba se obtuvo las Horas Hombre Totales, el cual se detalla en la Tabla 12.

Nota: se trabaja realmente a la semana 48 horas de las cuales se trabaja 9 horas de lunes a jueves, 8 horas viernes y 4 horas los sábados. Pero para fines teóricos se utilizó que se trabajaron 8 horas diarias de lunes a sábado.

Tabla 12: Análisis de Horas Hombre Trabajadas totales que se extrajó de la Planificación Maestra del Lookahead (Fuente: Propia)

Mano de Obra (MO)	Horas x Día	Días trabajados	Horas x Día x Cantidad de Días de trabajo
Oficial	8.00	22.13	177.07
Operario	8.00	150.99	1207.94
Ayudante	8.00	182.41	1459.27
<b>TOTAL</b>			<b>2,844.29</b>

$$\begin{aligned} \text{Costo MO (HH}_{\text{Total}}) &= \sum \text{Cant.Op.} \times (\text{Duración}) \times \text{Precio Op}_{\text{Día}} \\ &+ \sum \text{Cant.Of.} \times (\text{Duración}) \times \text{Precio Of}_{\text{Día}} \\ &+ \sum \text{Cant.Ay.} \times (\text{Duración}) \times \text{Precio Ay}_{\text{Día}} \end{aligned}$$

Ecuación 2: Calculo de Costo de Mano de Obra

Datos:

Costo MO (HH<sub>Total</sub>)= Costo de mano de obra del total de horas hombre trabajadas

Precio Op<sub>Día</sub>= Precio de pago de operario por día de trabajo

Precio Of<sub>Día</sub>= Precio de pago de oficial por día de trabajo

Precio Ay<sub>Día</sub>= Precio de pago de ayudante por día de trabajo

En base a los datos dados en los costos unitarios de la empresa se obtuvo cuánto cuesta el costo por día de la Mano de Obra (Oficial, Operario y Ayudante), y de la Planificación Maestra del Lookahead (Ver Tabla 1) se obtuvo la duración en días de trabajo ejecutable, por lo que al aplicar la Ecuación 2 dadas líneas arriba se obtuvo Costo de Mano de Obra de las horas hombre totales, el cual se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13: Análisis de precios Unitarios que se extrajo del costo de Mano de Obra de la Planificación Maestra del Lookahead (Fuente: Propia)

<b>Mano de Obra (MO)</b>	<b>Costo x Día</b>	<b>Días trabajados</b>	<b>Costo x Día x Cantidad de Días de trabajo</b>
<b>Oficial</b>	\$ 35.00	22.13	\$ 774.68
<b>Operario</b>	\$ 25.00	150.99	\$ 3, 774.82
<b>Ayudante</b>	\$ 20.00	182.41	\$ 3, 648.18
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 8,197.68</b>

Del tiempo de ejecución planteado por Servimetales S.A.C. obtuvieron una cantidad de horas hombre que fue de 4,284.60 HH y de la Planificación Maestra del Lookahead (Ver Tabla 12), se obtuvo el número de Horas Hombre (HH) que se requerirán para terminar la fabricación de Estructuras Metálicas - Etapa de Casco. En el cual si comparamos ambos resultados podemos ver que existe una reducción de 1, 440.30 HH (Ver Tabla 14), esta cantidad representa el 33.62 % del número de Hora Hombre Totales necesarias para terminar la fabricación del casco. (Ver Figura 21)

Tabla 14: Evaluación del total de Horas Hombre de la etapa de fabricación (Fuente: Propia)

	<b>HH</b>
<b>Tiempo de Ejecución</b>	4, 284.60
<b>Lookahead</b>	2,844.29
<b>Reducción de HH</b>	<b>1,440.30</b>

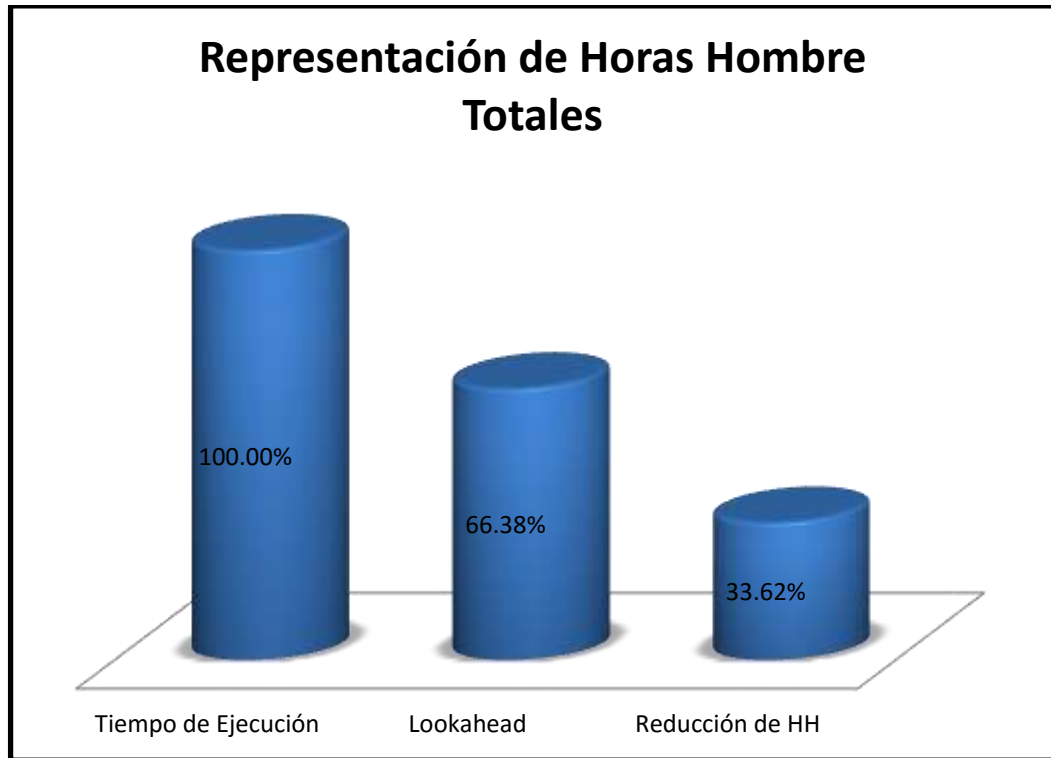


Figura 21: Comparación Porcentual de Horas Hombre Totales para el Proceso de Fabricación de Estructuras Metálicas- Etapa del Arco. (Fuente: Propia)

Del análisis de productividad de mano de obra (Ver Anexo 4) en base a la cuadrilla y número de horas a trabajar por actividad (Ver Figura 8) y de la Planificación Maestra (Ver Tabla 1) aplicado al Lookahead, se obtuvo el costo directo de Mano de Obra ( $CD_{MO}$ ), que se necesitará para la fabricación de Estructuras Metálicas en la etapa de Casco. Al comparar el costo directo de la mano de obra ( $CD_{MO}$ ) del presupuesto del proyecto y el costo directo de la mano de obra ( $CD_{MO}$ ) del Lookahead, podemos ver que existe un ahorro del \$ 9,591.49 (Ver Tabla 15), que representa un 53.92 % del  $CD_{MO}$  para la etapa de fabricación del casco. (Ver Figura 22)

Tabla 15: Evaluación del Costo Directo de la Mano de Obra de la etapa de fabricación (Fuente: Propia)

	<b>CD<sub>MO</sub></b>
<b>Presupuesto</b>	\$ 17,789.17
<b>Lookahead</b>	\$ 8,197.68
<b>Ahorro</b>	\$ 9,591.49

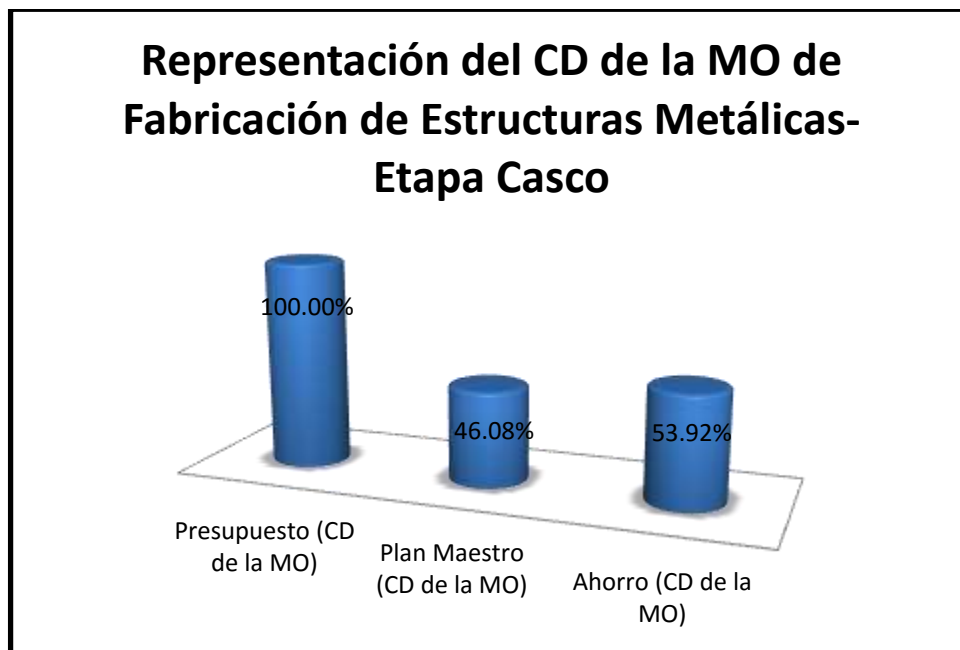


Figura 22: Comparación Porcentual de la Mano de Obra del presupuesto versus la Mano de Obra del ahorro. (Fuente: Propia)

Del presupuesto de fabricación de Estructuras Metálicas de la etapa de Casco (Ver Tabla 11) se obtuvo el costo directo de la etapa de casco y del Lookahead se obtuvo un ahorro en el CD<sub>MO</sub> (Ver Tabla 15); donde el Ahorro del CD<sub>MO</sub> que se obtiene del Lookahead es de \$ 9,591.49 (Ver Tabla 16) que porcentualmente representa un 14.26% del presupuesto de fabricación total para la etapa de casco. (Ver Figura 23)

Tabla 16: Costo Directo del presupuesto de Fabricación del casco versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead.

(Fuente: Propia)

	<b>Costo Directo(CD)</b>
<b>Total de Fabricación de Casco (Presupuesto)</b>	\$ 67, 239.82
<b>Ahorro de la MO</b>	\$ 9,591.49

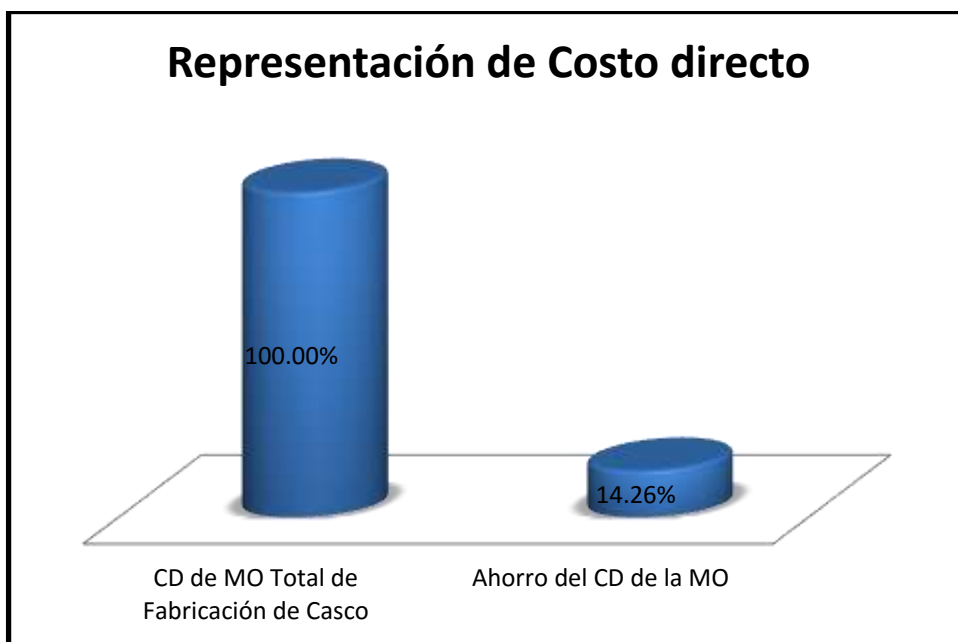


Figura 23: Comparación Porcentual del Costo Directo del presupuesto de Fabricación del casco versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead. (Fuente: Propia)

Del presupuesto de fabricación de Estructuras Metálicas (Ver Anexo 3) se obtuvo costo directo para la etapa de Fabricación de Estructuras Metálicas y de la planificación Maestra se obtuvo un ahorro en el  $CD_{MO}$  (Ver Tabla 15), donde el ahorro del  $CD_{MO}$  que se obtiene del Lookahead es de \$ 9,591.49 (Ver Tabla 17) que porcentualmente representa un 11.97% del presupuesto de fabricación total para Estructuras Metálicas (Ver Figura 24).

Tabla 17: Costo Directo del presupuesto de Fabricación de Estructuras Metálicas versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead. (Fuente: Propia)

	<b>Costo Directo (CD)</b>
<b>Total de Fabricación de Estructuras Metálicas (Presupuesto)</b>	\$ 80,119.90
<b>Ahorro de la MO</b>	\$ 9,591.49

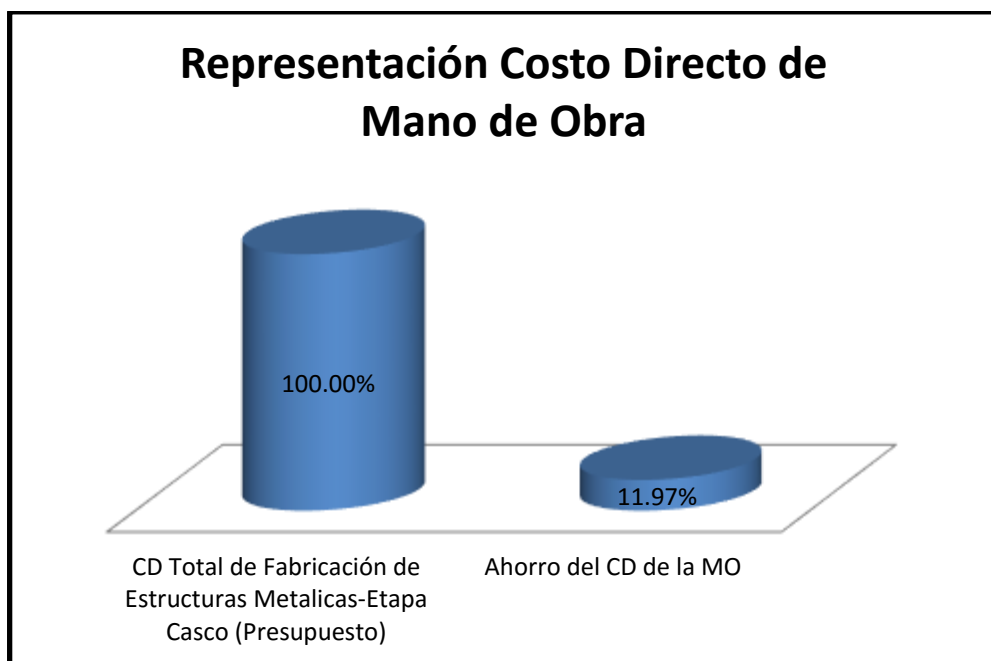


Figura 24: Comparación Porcentual del Costo Directo del presupuesto total de fabricación de Estructura Metálicas versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead. (Fuente: Propia)

Del presupuesto de Estructuras Metálicas (Ver Anexo 3) se obtuvo el costo directo para todo el proyecto y del Lookahead se obtiene un ahorro del  $CD_{MO}$  de la fabricación de la etapa de casco (Ver Tabla 15), donde el ahorro del  $CD_{MO}$  es de \$ 9,591.49 (Ver Tabla 18) que porcentualmente representa un 6.00% del presupuesto total (Fabricación, Montaje, Coberturas y Obras Civiles). (Ver Figura 25).



Tabla 18: Costo Directo del presupuesto total versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead. (Fuente: Propia)

	<b>Costo Directo</b>
<b>Total del proyecto</b>	\$ 159, 960.05
<b>Total con Lookahead</b>	\$150,368.56
<b>Ahorro de la MO</b>	\$ 9,591.49

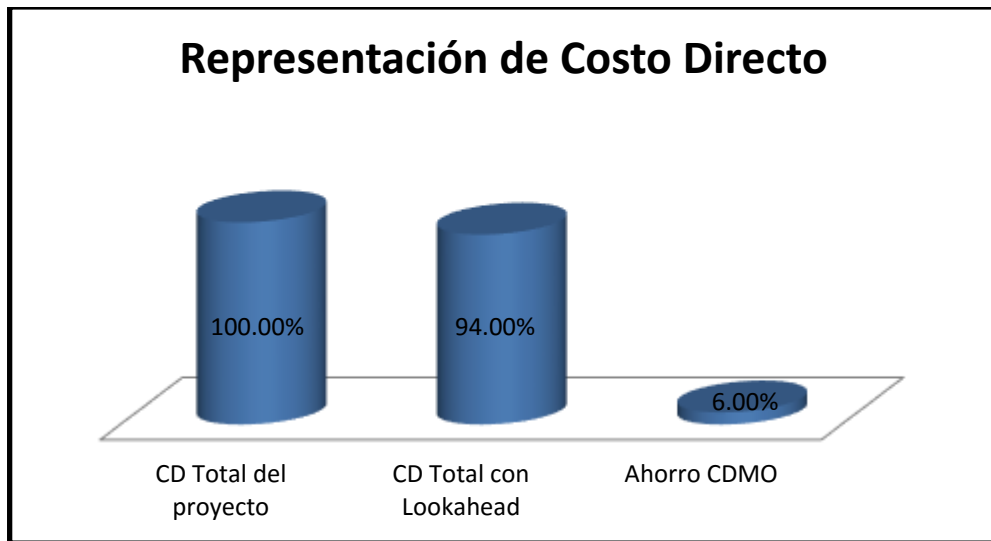


Figura 25: Comparación Porcentual del Costo Directo del presupuesto total versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra de Lookahead etapa fabricación nivel casco.

(Fuente: Propia)

De acuerdo al tiempo de ejecución planteado por Servimetales S.A.C. según su cronograma (Ver Figura 11), se obtuvo el número de días para la fabricación de estructuras metálicas de la etapa de casco que es 40 días y del Lookahead (Ver Cuadro 2) se obtuvo 24 días. Por lo que al comparar se redujo el tiempo de la fabricación de estructuras metálicas de la etapa de casco en 16 días (Ver Tabla 19), donde representa un 40% del cronograma de la fabricación de estructuras metálicas de la etapa de casco (Ver Figura 26).

Tabla 19: Diferencia de programación de Días entre el Cronograma de la empresa SERVIMETALES y el planificado en base al Lookahead. (Fuente: Propia)

	Días
<b>Cronograma</b>	40.00
<b>Lookahead</b>	24.00
<b>DIFERENCIA</b>	<b>16.00</b>

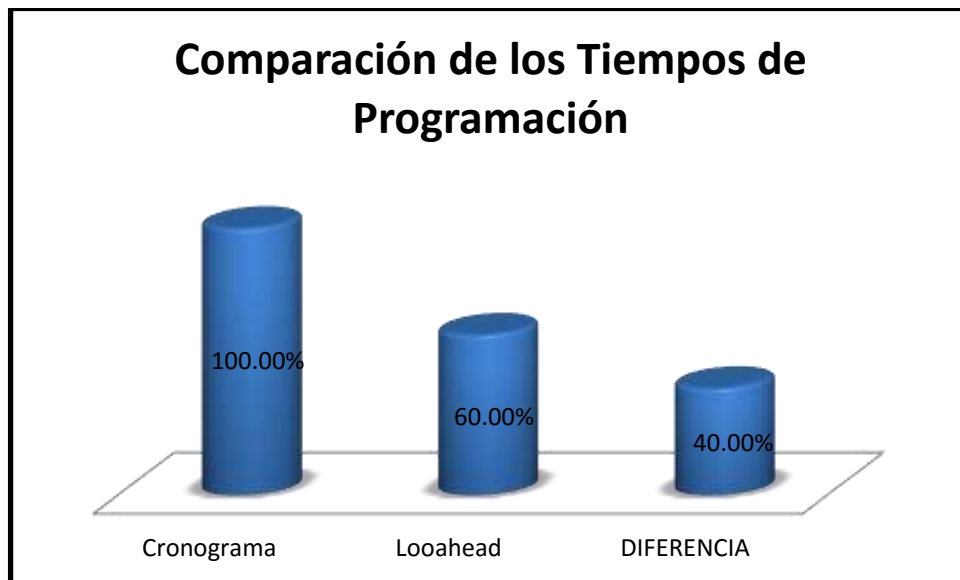


Figura 26: Representación porcentual de la programación de Días entre el Cronograma de la empresa SERVIMETALES y el planificado en base al Lookahead (Fuente: Propia)

Del ítem 5.2.6.1 de la descripción de la secuencia de la partida columnas metálicas (Ver figura 18), se puede observar que para pasar de una actividad a otra es necesario realizar controles de diseño y cantidad de elementos, según a los planos de fabricación finales del proyecto, para reducir los reprocesos de las actividades de esta partida (Ver Figura 27).

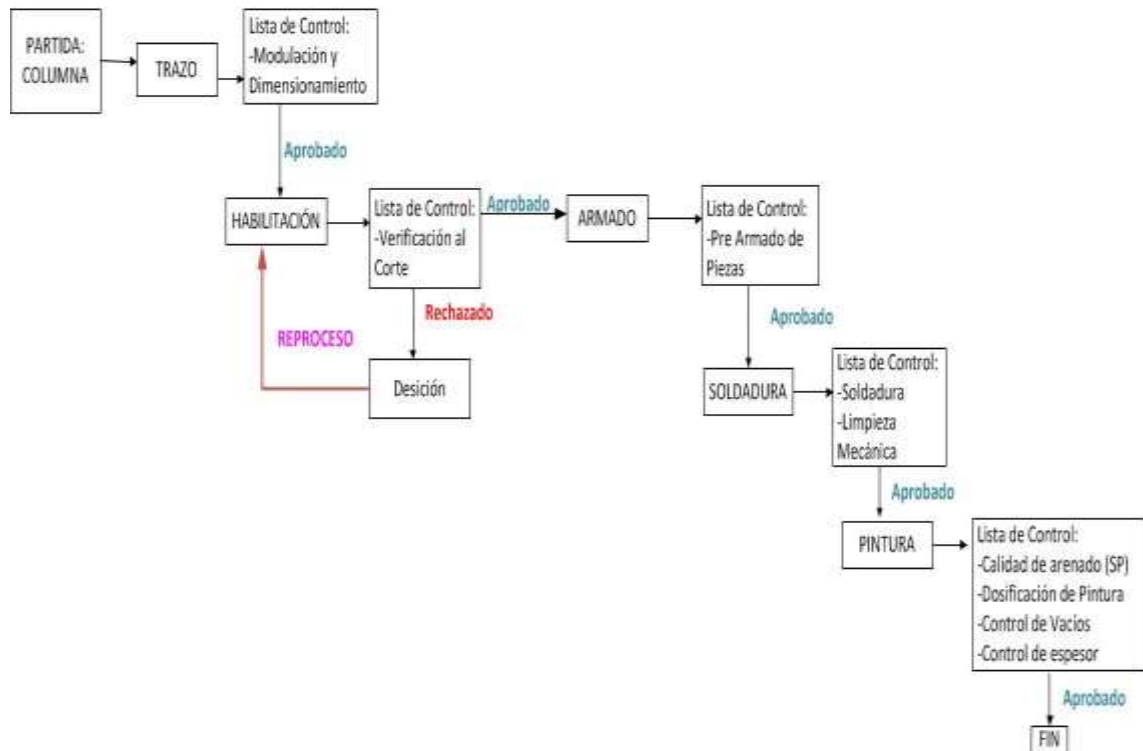


Figura 27: Control de Actividades detectando reprocesos (Fuente: Propia)

Del ítem 5.2.3 análisis de restricciones, nos da a conocer los recursos necesarios (materiales, mano de obra, equipos y diseño) para ejecutar una actividad, lo cual nos dará un tiempo necesario para liberarlas antes de su fecha de inicio de ejecución y así cumplir con esta fecha planificada en el Lookahead, para no tener retrasos, ya que se extendería la duración de la partida de lo cual podemos ver su representación en las Figuras 28 y 29 respectivamente.

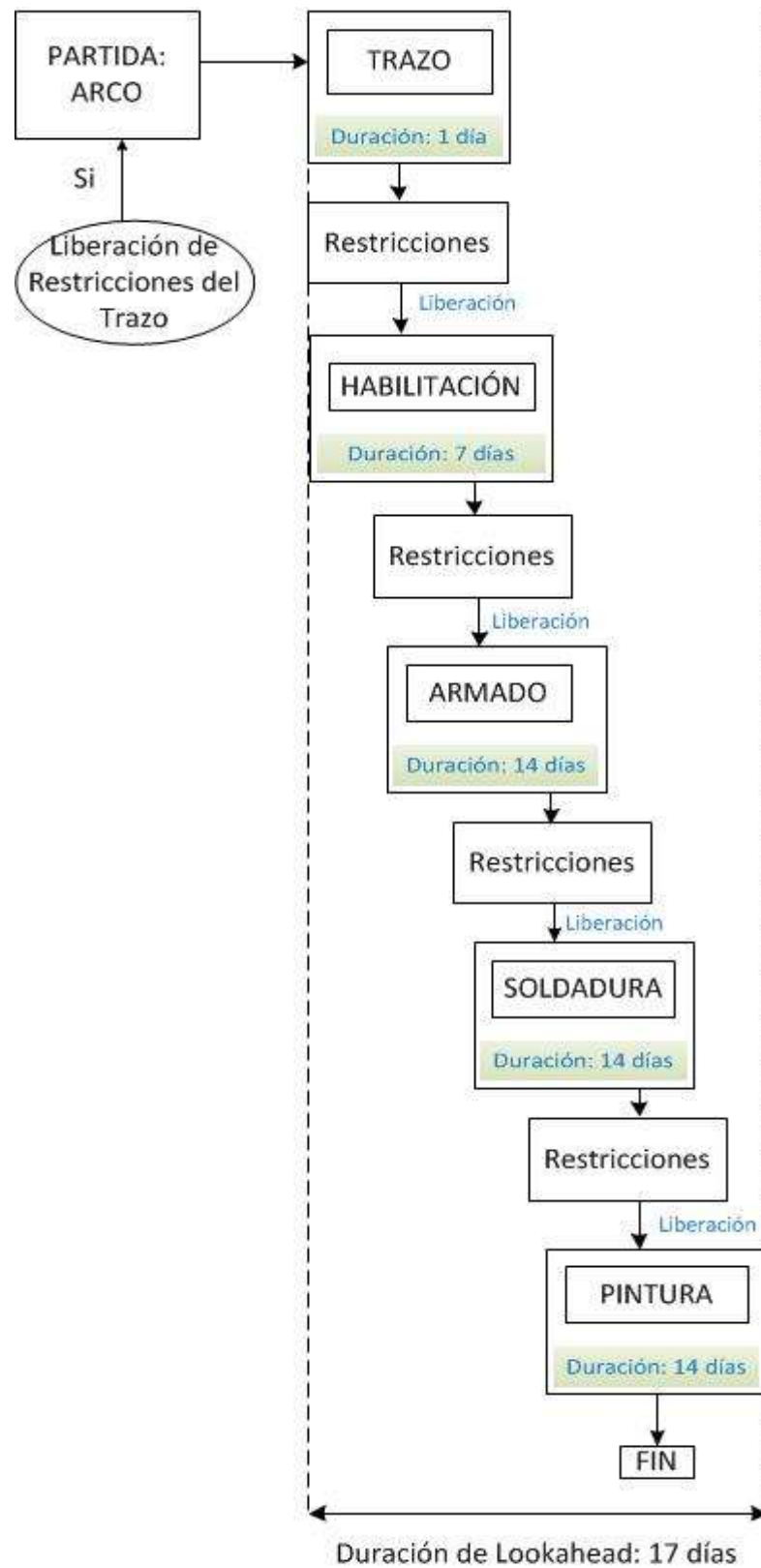


Figura 28: Restricciones liberadas a tiempo, de las actividades de la partida de arco (Fuente: Propia)

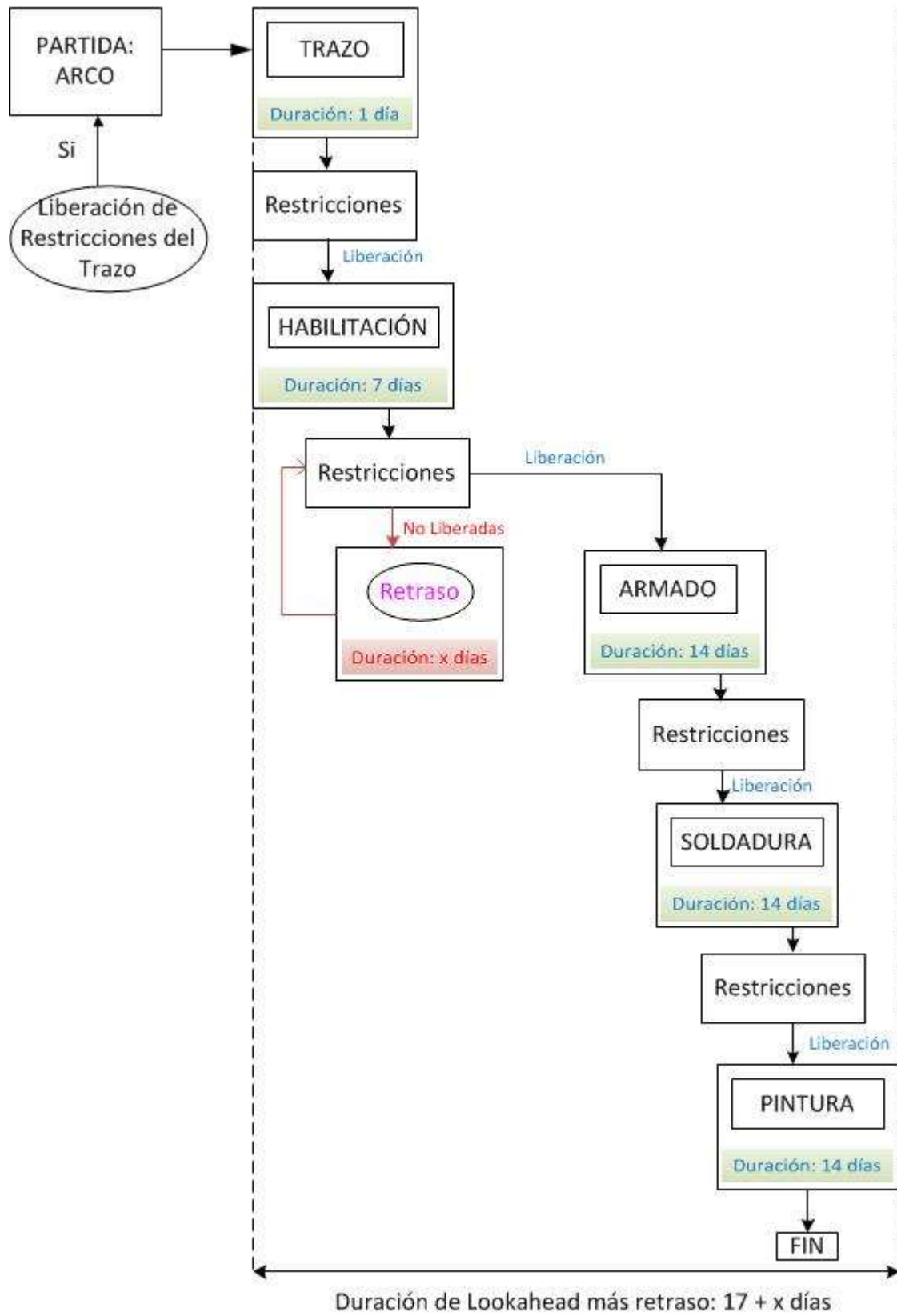


Figura 29: Restricciones no liberadas a tiempo, de las actividades de la partida de arco  
(Fuente: Propia)

## 6.2 Resultados de la investigación

Al aplicar la herramienta del Lookahead perteneciente a la filosofía Lean Construction, se obtuvieron los siguientes resultados:

-De acuerdo a la Tabla 14, se observa que se redujo el plazo a 1,440.30 horas en el tiempo de producción para la fabricación de estructuras metálicas de la etapa del casco.

-De acuerdo a la tabla 15, se observa que se ahorró \$ 9,591.49 al comparar el Costo de Mano de Obra de la etapa de fabricación del casco, entre el Presupuestado y el Lookahead.

-De acuerdo a la Figura 23, se observa que al comparar el Costo Directo del presupuesto de Fabricación del casco versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Lookahead, este último representa un 14.27% del primero.

-- De acuerdo a la Figura 24, se observa que al comparar el Costo Directo del presupuesto total de Fabricación de estructuras Metálicas versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Plan Maestro, este último representa un 11.97% del primero.

- De acuerdo a la Figura 25, se observa que al comparar el Costo Directo del presupuesto total versus el Ahorro del Costo Directo obtenido de la Mano de Obra del Plan Maestro, este último representa un 6.00% del primero.

-De acuerdo a la Tabla 19, se observa que al comparar el periodo de tiempo empleado en el cronograma dado por la empresa Servimetales S.A.C. y el tiempo de trabajo ejecutable que obtuvimos con la aplicación del Lookahead, tenemos una diferencia de 16 días del trabajo a ejecutar para la Fabricación de Estructuras Metálicas - etapa Casco.

-De acuerdo a la Figura 27 observamos que permite tener un registro de la ejecución de las actividades, donde se verá si cumplen con el diseño mostrado en el plano de estructuras y la calidad esperada.

-De acuerdo a las Figuras 28 y 29 obtendremos los requerimientos necesarios para realizar cada actividad, las cuales deben ser liberadas con el tiempo necesario para ejecutar la actividad sin retrasos, en el tiempo planificado en Lookahead.

### 6.3 Contrastación de hipótesis

#### 6.3.1 Hipótesis General

De acuerdo al estudio realizado, se afirma que: A mayor productividad en la fabricación de estructuras metálicas, menor costos del proyecto.

Debido a que al usar adecuadamente las herramientas de la filosofía Lean, teoría de restricciones y control de Actividades en el proyecto, se aumenta la productividad en la etapa de fabricación de casco, ya que se obtiene la misma cantidad de elementos fabricados usando una menor cantidad de horas hombres; que con la manera tradicional de planeación en la etapa de presupuesto, donde solo se analiza un panorama general de las actividades a realizar en el cual se determina una cantidad de horas hombres para cada una de ellas, obteniendo el cronograma del proyecto; con lo que al comparar los dos resultados se puede notar la diferencia de la cantidad de horas hombres (Ver Tabla 14). Donde al aplicar el Lookahead se obtiene un Costo Directo de la fabricación de la etapa casco, por lo que y compararlo con el Costo Directo del Presupuesto total del proyecto (Ver Tabla 18), veremos que hay un ahorro del 6.00% (Ver Figura 25), lo cual nos da un menor costo del proyecto, dándonos una mayor utilidad.

### 6.3.2 Hipótesis específica 1

De acuerdo al estudio realizado, se afirma que: El rendimiento de la mano de obra, minimiza los costos de producción.

Porque aplicando la herramienta del Lookahead, se obtiene un mayor rendimiento de mano de obra, ya que se obtiene un tiempo para la etapa de fabricación del casco de 24 días y para el tiempo de ejecución dado por Servimetales S.A.C. es de 40 días; en el cual podemos notar que hay una reducción de tiempo de 16 días (Ver Tabla 19), donde esta reducción representa un 40% del número de días del tiempo de ejecución de la etapa de fabricación del casco (Ver Figura 26). Por lo cual al ser multiplicadas por el número de días por la cantidad de mano de obra por su respectivo costo, dan como resultado el costo directo de mano de obra, donde al compararlas se obtiene un ahorro del Costo Directo de Mano de Obra de \$ 9,591.49 para la etapa de fabricación del casco (Ver Tabla 15), donde el ahorro representa un 53.92% del costo directo de la mano de obra de la fabricación de la etapa de casco (Ver Figura 22), con lo cual se minimiza los costos de producción.

### 6.3.3 Hipótesis específica 2

De acuerdo al estudio realizado, se afirma que: El control de actividades reduce los reprocesos de las estructuras metálicas.

Debido que si se sigue un adecuado control de la secuencia de las actividades, se podrá verificar en el momento oportuno si las actividades se están realizando de acuerdo al diseño y la calidad acordada con el cliente, por ejemplo ver la secuencia del control de actividades de la partida Columna (Ver figura 18). Por ejemplo en el caso de presentarse una lectura del plano equivocada, se realice un mal corte de piezas; será detectada a tiempo gracias a que se está realizando un control en cada actividad y una vez



corregida pase a la siguiente actividad (Ver figura 27); es por eso que al existir un control de actividades se reducen el número de reprocesos.

#### 6.3.4 Hipótesis específica 3

De acuerdo al estudio realizado, se afirma que: Las restricciones de las actividades del proceso de fabricación, condicionan el tiempo de producción de las estructuras metálicas.

Debido que las restricciones de las actividades (Ver Cuadro 3 y 4) dan a conocer lo que se requiere en cantidad de recursos (materiales, mano de obra, equipos y diseño) a tiempo antes de la fecha de ejecución de las actividades, es decir que éstas deben ser liberadas para empezar cada actividad y así cumplir con el plazo de lo planificado en el Lookahead (Ver Cuadro 2). Se tiene que solo en caso de generarse un contratiempo, ejemplo en la partida de arcos: en caso de generarse atraso de entrega de soldadura para la actividad de armado, se generaría un atraso en el tiempo programado para la realización de esta actividad y la realización de las actividades siguientes; en consecuencia el tiempo de producción de la partida de arcos aumentaría (Ver Figura 29). Por lo expuesto líneas arriba las restricciones de las actividades del proceso de fabricación, condicionan el tiempo de producción de las estructuras metálicas.

## CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN

### 7.1 DISCUSIONES

-Al aplicar la herramienta del Lookahead, del Last Planner Sytem, obtuvimos que el periodo de tiempo para la fabricación del casco de estructuras metálicas se redujo en un 40% del tiempo establecido en el presupuesto de la empresa Servimetales S.A.C. (Ver Figura 26). Por lo que inferimos que una adecuada planificación le da a la empresa mayores periodos de tiempo para negociar la fecha de entrega de los proyectos con los clientes.

- Al comparar el Ahorro del Costo Directo de la Mano de obra (CDMO) de la etapa de fabricación de estructuras metálicas etapa de casco, obtenido del Lookahead con el CDMO del Presupuesto de Fabricación de Estructuras Metálicas- Etapa Casco, obtuvimos que porcentualmente el ahorro representa un 14.26% (Ver Figura 23), el CD total de Fabricación de Estructuras Metálicas del Presupuesto, obtuvimos que porcentualmente el ahorro representa un 11.97% (Ver Figura 24), y del CD total del proyecto, obtuvimos que porcentualmente el ahorro representa un 6.00% (Ver Figura 25). Por lo que inferimos que el CDMO influye en los costos del presupuesto de los proyectos de la empresa, lo cual le proporciona a la empresa un mayor margen para negociar con el cliente y seguir teniendo una buena utilidad.

-La productividad de los trabajadores mejora aplicando la herramienta del Lookahead, teoría de restricciones y control de actividades, debido a que se reduce la cantidad de horas hombre en 1, 440.30 horas (Ver Tabla 14) necesarias para realizar el proyecto, con lo cual se redujo los costos de producción para el proyecto en \$ 9, 591.49 (Ver Tabla 15).

-Al aplicar un control eficiente de actividades se reduce los reprocesos (Ver Figura 18), porque existe un flujo de producción adecuadamente

controlado con lo cual se detectan las fallas de diseño de los planos de fabricación o en las cantidades de elementos metálicos (Ver Figura 27).

-Para el presente estudio se realizó un análisis de restricciones a la semana dos del proyecto (Ver Cuadro 4), que se evaluó por ser la que contiene mayor cantidad de actividades, donde vemos los recursos necesarios para empezar a ejecutar la actividad (Mano de obra, maquinaria, equipos, diseño, actividades previamente terminadas), las cuales deben ser liberadas a tiempo (Ver Figura 28). Este análisis es importante porque nos permite prever a tiempo los recursos necesarios para que se ejecute las actividades en el periodo establecido, evitando el retraso del proyecto.

## CONCLUSIONES

- 1- Se mejoró la productividad en la fabricación de estructuras metálicas con lo que se obtuvo un menor costo del proyecto, porque se aplicó la herramienta del Lookahead, logrando una mejor planificación y secuencia para cada una de las actividades de la fabricación de estructuras metálicas de la etapa casco del proyecto, evitando las esperas para dichas actividades.
- 2- Se optimizó el rendimiento de mano de obra con lo que se minimizó los costos de producción, porque se redujo el tiempo de fabricación de estructuras metálicas de la etapa casco del proyecto.
- 3- Se mejoró el control de actividades con lo que se minimizó los procesos de fabricación de estructuras metálicas, porque se propuso un registro del control de actividades y también se completó las listas de control de las actividades del proceso de fabricación de estructuras metálicas de la etapa casco (columnas y arcos) del proyecto, con las que la empresa no contaba.
- 4- Se analizó las restricciones de las actividades del proceso de fabricación con lo que se optimizó el tiempo de producción establecido de la planificación del Lookahead para la etapa de fabricación de estructuras metálicas de la etapa casco del proyecto, porque se reconoció la cantidad de recursos necesarios a tiempo, antes de la fecha de inicio de ejecución de cada actividad del proceso de fabricación, para que las actividades comiencen en la fecha planificada, reduciendo de esta manera los retrasos que pudieran haber en el tiempo de producción.

5- El uso de la metodología Last Planner nos sirvió para hacer una mejor planificación, seguimiento y control al proyecto, ya que permitió mejorar el cumplimiento de los plazos y la reducción de costos.

## RECOMENDACIONES

- 1- Implementar un área de planificación en la empresa para que apliquen el Lean Construction en todos los proyectos, que es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas), de la cual la técnica más divulgada dentro de esta filosofía es el Last Planner la cual está centrada en la planificación y control de proyectos. Esta técnica pretende incrementar la confiabilidad de la planificación y, por tanto, incrementar el desempeño en la obra; para ello, provee herramientas de planificación y control efectivas. Dentro de estas herramientas se encuentra la Planificación Maestra estable las relaciones en el tiempo y en el espacio entre las diferentes actividades programadas de todo el proyecto, para lo que utiliza la sectorización, el tren de actividades y el Lookahead que es una programación intermedia que define lo que se “puede” hacer en el periodo de tiempo que abarca. Donde el uso de estas herramientas hará que el periodo de tiempo para la ejecución del proyecto sea menor por lo que los gastos generados serán menores y se obtendrá una utilidad mayor en los proyectos.
- 2- Implementar la herramienta del Lookahead en el cual haremos un análisis de restricciones que le permite al área de logística poder planificar los requerimientos de materiales y equipos a tiempo para ejecutar las actividades de producción; también nos dará a conocer los recursos necesarios para Mano de Obra y los planos de diseño para ejecutar las actividades en el tiempo establecido. Se debe cumplir con un programa de reuniones semanales y diarias para verificar el porcentaje de cumplimiento de las actividades programadas en el Lookahead y de haber actividades que no cumplan al 100% ver el porqué de ellas. Lo que como resultado nos dará un ahorro en los costos de

producción y la empresa tendrá un mayor rango de negociación con sus clientes, siendo por esta razón más competente dentro del mercado.

3- Implementar un control de actividades completo para las secuencias de actividades de producción, permitirá minimizar los trabajos mal realizados y que la calidad del producto sea la planificada, dándole al cliente una visión de eficiencia de la empresa ya que se entregara el producto de acuerdo al diseño acordado y al tiempo establecido, lo que a su vez impactara en el costo de producción de la empresa disminuyéndola. Para eso se recomienda usar las listas de control, que son un registro de verificación de las actividades que se ejecutan para el desarrollo del proyecto según lo planificado.

4- Para implementar la filosofía Lean Construction se recomienda establecer las bases del conocimiento a través de capacitaciones y ayuda externa para comenzar la implementación.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### Referencias bibliográficas:

- ✓ **GHIO, V. (2001).** Productividad en obras de construcción Diagnostico, Critica y Propuesta, Fondo Editorial de la Pontifica Universidad Católica del Perú, Perú, Capítulos 1 y 2.
- ✓ **LLEDO, P., RIVAROLA, G., MERCAU, R., CUCCHI, D. Y ESQUEMBRE, J. (2006).** Administración Lean Proyectos eficiencia en la gestión de múltiples proyectos, Pearson Educación de México S.A. de C. V., México, Capítulos 1 y 2.
- ✓ **RODRÍGUEZ W. Y VALDEZ D. (2012).** Mejoramiento de la Productividad en la construcción de obras con Lean Construction trenchless, CYCLONE, EZStrobe BIM, Editorial Cultura abierta E.I.R.L., Perú, Capítulos 8 al 14 y página 362.

### Referencias electrónicas.

- ✓ **AGUIRRE, C. (2013).**” Implementación del sistema del Último Planificador para la optimización de la programación en la construcción de viviendas masivas en el proyecto Nueva Fuerabambas - Apurímac” (En línea). Tesis de pregrado. Universidad San Martín de Porres, Lima. Recuperado el 18 de julio de 2015, de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/687>
- ✓ **ARAQUE, G. (2010).** “Planeación e implementación de la filosofía Lean Construction en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema Last Planner en un proyecto constructivo de la empresa Marval S.A.”(En línea).Tesis de pregrado. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín. Recuperado el 13 de junio del 2015, de <http://repository.upbbga.edu.co:8080/jspui/handle/123456789/931>
- ✓ **BUJELE, R. (2012).** “Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction” (En



- línea). Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Recuperado el 05 de julio de 2015, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1691>
- ✓ **DÍAZ, D. (2007).** “Aplicación del sistema de planificación 'Last Planner' a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura” (En línea). Tesis de pregrado. Universidad de Chile, Santiago. Recuperado el 13 de julio de 2015 , de [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/diaz\\_da/sources/diaz\\_da.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/diaz_da/sources/diaz_da.pdf)
  - ✓ **GRANADOS, B. (2011).**”Implementación de la metodología Lean Construction para actividades de estructura del proyecto del proyecto natura del consorcio campo empresarial campestre” (En línea). Tesis de pregrado. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Recuperado el 20 de junio de 2015, de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5400/2/141037.pdf>
  - ✓ **GUZMÁN, A. (2014).** “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de Proyectos” (En línea). Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Recuperado junio de 2015, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5778>
  - ✓ **INEI (15 de julio de 2015).** “INEI - EY Guía de Negocios e Inversión 2015-2016” (en línea). El Comercio. Recuperado el 24 de agosto de 2015, de <http://elcomercio.pe/economia/peru/grafico-dia-cuanto-pesa-cada-sector-pbi-peru-noticia-1825899>
  - ✓ **KOSKELA, L. (1992).** “Application of the new production philosophy to construction” (On line). Stanford university, Technical report 72. Retrieved August 28, 2015, from <http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/Koskela-TR72.pdf>
  - ✓ **LEAL, M. (2010).** “Impactos de implementación del sistema Last Planner en obras de montaje industrial en minería” (En línea). Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

Recuperado el 18 de junio de 2015, de <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/1398>

- ✓ **MARTÍNEZ, J. (2011).** “Propuesta de metodología para la implementación de la filosofía Lean (construcción esbelta) en proyectos de construcción” (En línea). Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Recuperado el , de 01 de julio 2015, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/10578/1/940698.2011.pdf>
- ✓ **MORÁN, L. Y QUISPE, H. (2014).** “Estudio de la productividad en la partida de estructuras 1º -3º piso, de la construcción del edificio multifamiliar Residencial Heredia en la ciudad de Trujillo” (En línea). Tesis de pregrado. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Recuperado el 13 de junio de 2015, de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/639>
- ✓ **MORILLO, T. Y LOZANO, M. (2007).** “Estudio de la Productividad en una obra de Edificación” (En línea). Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Recuperado 18 el junio del 2015, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1330>
- ✓ **PONS, J. (2014).** “Introducción al Lean Construction, Fundación Laboral de la Construcción”. Disponible en [http://www.researchgate.net/publication/275654575\\_Introduccion\\_a\\_Lean\\_Construction](http://www.researchgate.net/publication/275654575_Introduccion_a_Lean_Construction)
- ✓ **PORRAS, H., SÁNCHEZ, O. Y GALVIS, J. (2014, MARZO).** “Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual”. Avance Investigación en Ingeniería, 11 (1), 32-53. Recuperado 15 de julio de 2015, de <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art4.pdf>
- ✓ **SANCHIS, I. (2013).** “Last Planner System un caso de Estudio” (en línea). Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. Recuperado el 09 de junio de 2015, de <https://riunet.upv.es/handle/10251/29693>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia (Fuente: Propia)

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología	Tipo y Diseño
<p>Problema general</p> <p>Se piensa que la <b>productividad</b> en la fabricación estructuras metálicas influye en los <b>costos</b> del proyecto.</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Mejorar la <b>productividad</b> en la fabricación de estructuras metálicas, para minimizar los <b>costos</b> del proyecto aplicando la metodología del Lookahead.</p>	<p>A mayor <b>productividad</b> en la fabricación de estructuras metálicas, menor <b>costo</b> del proyecto.</p>	<p>VI.</p> <p><b>Productividad</b></p> <p>VD.</p> <p><b>Costos</b></p>	<p>Recopilación de información.</p> <p>Estudiar la influencia del requerimiento de materiales para el proceso de fabricación.</p> <p>Establecer una relación entre el área de producción y logística para los pedidos de materiales.</p> <p>Establecer un control de actividades de los procesos de fabricación.</p>	<p>La investigación es de enfoque cuantitativo, de diseño transversal</p> <p>El tipo de investigación descriptivo, correlacional y explicativo</p>
<p>Problema sec. 1</p> <p>Se piensa que el <b>rendimiento</b> de la mano de obra, influye en los <b>costos de producción</b> de la etapa de fabricación</p>	<p>Objetivo específico 1</p> <p>Optimizar el <b>rendimiento</b> de la mano de obra con la finalidad de minimizar los <b>costos de producción</b> en la fabricación de estructuras metálicas.</p>	<p>El <b>rendimiento</b> de la mano de obra, minimizan los <b>costos de producción</b>.</p>	<p>VI.</p> <p><b>Rendimiento</b></p> <p>VD.</p> <p><b>Costos de producción</b></p>	<p>Establecer un control de actividades de los procesos de fabricación.</p>	
<p>Problema sec. 2</p> <p>Se cree que el <b>control de actividades</b> del área de</p>	<p>Objetivo específico 2</p> <p>Mejorar el <b>control de actividades</b> con la finalidad</p>	<p>Un <b>control de actividades</b> reduce</p>	<p>VI.</p> <p><b>Control de actividades</b></p>	<p>Analizar las restricciones de las actividades.</p>	

<p>producción minimiza los <b>reprocesos</b> de la fabricación de estructuras metálicas.</p>	<p>de minimizar los <b>reprocesos</b> de la fabricación.</p>	<p>los <b>reprocesos</b> de las estructuras metálicas.</p>	<p>VD. <b>Reprocesos</b></p>	<p>Generar un tren de actividades.</p>	
<p>Problema sec. 3</p> <p>Se cree que las <b>restricciones de las actividades</b> del proceso de fabricación condicionan el <b>tiempo de producción</b> de la fabricación de estructuras metálicas.</p>	<p>Objetivo específico 3</p> <p>Analizar las <b>restricciones de las actividades</b> del proceso de fabricación para optimizar el <b>tiempo de producción</b> establecido para la etapa de fabricación de estructuras metálicas.</p>	<p>Las <b>restricciones de las actividades</b> del proceso de fabricación condicionan el <b>tiempo de producción</b> de las estructuras metálicas.</p>	<p>VI. <b>Restricciones de las actividades</b></p> <hr/> <p>VD. <b>Tiempo de producción</b></p>		

Anexo 2: Cuadro de operacionalización de variables (Fuente: Propia)

Hipótesis	Variable	Indicador	Escala de medición
A mayor <b>productividad</b> en la fabricación de estructuras metálicas, menor <b>costo del proyecto</b> .	Productividad	Productividad Mano de Obra	Cantidad de Horas Hombre
	Costos	Costo Directo	Soles
		Ahorro	Soles
El <b>rendimiento</b> de la mano de obra, minimizan los <b>costos de producción</b> .	Rendimiento de la mano de obra	Tiempo de ejecución	Cantidad de días
	Costos de producción	Costo directo de Mano de Obra	Soles
Un <b>control de actividades</b> reduce los <b>reprocesos</b> de las estructuras metálicas.	Control de actividades	Listas de Control	-Conforme -No conforme
	Reprocesos	Listas de Control	Número de reprocesos
Las <b>restricciones de las actividades</b> del proceso de fabricación condicionan el <b>tiempo de producción</b> de las estructuras metálicas.	Restricciones de las actividades	Análisis de restricciones de las actividades	Cantidad de recursos
	Tiempo de producción	Liberación del análisis de restricciones	-Liberado a tiempo -No liberado a tiempo

Anexo 3: Presupuesto Nuevo Almacén – Unitrade S.A.C. (Fuente: Servimetales S.A.C.)



**PRESUPUESTO**

OBRA : Construcción Estructura Metálica para Techo Almacén  
 PROP.: **UNITRADE**  
 UBIC. : El Callao  
 AT. : Ing. Víctor Rodríguez

Presup. No. : 003-2015M  
 Fecha : 23/05/2015

PART.	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	PREC. UNIT.	PARCIAL
-------	-------------	-------	----------	-------------	---------

**ESTRUCTURAS METALICAS**

**1.00 ETAPA DE FABRICACIÓN**

1.01	Arco Parabólico L = 27.30 mt. (prom.)	Und	14.00	1,566.91	21,936.74
1.02	Columna Tubular C-1, h = 8.00 mt.	Und	7.00	962.56	6,737.95
1.03	Columna Tubular C-2, h = 8.00 mt.	Und	14.00	604.85	8,467.86
1.04	Viguetas VC-1, L=7.50 mt.	Und	72.00	127.62	9,188.37
1.05	Viguetas V-1, L=7.50 mt.	Und	156.00	113.25	17,667.35
1.06	Arriostre Horizontal	Kg	1,572.54	1.57	2,471.21
1.07	Lucernario	Und	10.00	43.54	435.36
1.08	Columnas Tímpano Frente, h = 12.20 mt.	Und	8.00	395.28	3,162.24
1.09	Columnas Tímpano Fondo, h = 9.20 mt.	Und	7.00	217.54	1,522.75
1.10	Correa celosia Cierre Vert L=5.60mt, frente y fondo	Und	96.00	21.84	2,096.64
1.11	Correa canal U Cierre Vert L=5.60mt, frente	Und	34.00	43.68	1,485.12
1.12	Correas celosia Cierre Vertical L=7.50mt, derecho	Und	12.00	34.99	419.90
1.13	Péndolas Ø 1/2"	kg	193.00	1.54	296.45
1.14	Perfil Angular 1/8" x 1 1/4"	MI	118.00	2.06	243.55
1.15	Portón corredizo 4.50x5.00	Und	1.00	1,053.84	1,053.84
1.16	Portón corredizo 3.50x3.50	Und	1.00	767.81	767.81
1.17	Portón corredizo 3.50x3.50+puerta peatonal	Und	1.00	848.64	848.64
1.18	Planchas de Anclaje	Und	36.00	15.22	547.78

**79,349.55**

**2.00 ETAPA DE MONTAJE**

2.01	Arco Parabólico L = 27.30 mt. (prom.)	Und	14.00	165.15	2,312.13
2.02	Columna Tubular C-1, h = 8.00 mt.	Und	7.00	107.06	749.41
2.03	Columna Tubular C-2, h = 8.00mt.	Und	14.00	72.02	1,008.22
2.04	Viguetas VC-1, L=7.50 mt.	Und	72.00	17.56	1,264.58
2.05	Viguetas V-1, L=7.50 mt.	Und	156.00	11.54	1,800.25
2.06	Arriostre Horizontal	Kg	1,572.54	0.40	632.39
1.12	Lucernario	Und	10.00	29.02	290.24
1.13	Columnas Tímpano Frente, h = 12.20 mt.	Und	8.00	263.52	2,108.16
1.14	Columnas Tímpano Fondo, h = 9.20 mt.	Und	7.00	145.02	1,015.17
1.15	Correa celosia Cierre Vert L=5.60mt, frente y fondo	Und	96.00	14.56	1,397.76
1.16	Correa canal U Cierre Vert L=5.60mt, frente	Und	34.00	29.12	990.08
1.17	Correas celosia Cierre Vertical L=7.50mt, derecho	Und	12.00	23.33	279.94
1.18	Péndolas Ø 1/2"	kg	193.00	1.02	197.63
1.19	Perfil Angular 1/8" x 1 1/4"	MI	118.00	1.38	162.37
1.20	Portón corredizo 4.50x5.00	Und	1.00	702.56	702.56
1.21	Portón corredizo 3.50x3.50	Und	1.00	511.87	511.87
1.22	Portón corredizo 3.50x3.50+puerta peatonal	Und	1.00	565.76	565.76
1.23	Planchas de Anclaje	Und	36.00	10.14	365.18

**16,353.69**





<b>5.00</b>	<b>PAVIMENTOS</b>				
5.02	Pavimento (Concreto 210 Kg/cm <sup>2</sup> ) e=15 cm (reposición de pavimento)	M3	6.55	415.70	2,722.84
					<u>2,722.84</u>
	<b>PARCIAL 2 ( S/.) :</b>			<b>S/.</b>	<b>56,676.81</b>
	<b>PARCIAL 2 ( \$ ) :</b>			<b>\$</b>	<b>18,892.27</b>
				<b>Sub Total (\$)</b>	<b>159,189.71</b>
				<b>Gasto Generales (15%)</b>	<b>23,878.46</b>
				<b>Utilidades (12.5%)</b>	<b>22,883.52</b>
				<b>TOTAL 1 (\$)</b>	<b>205,951.69</b>

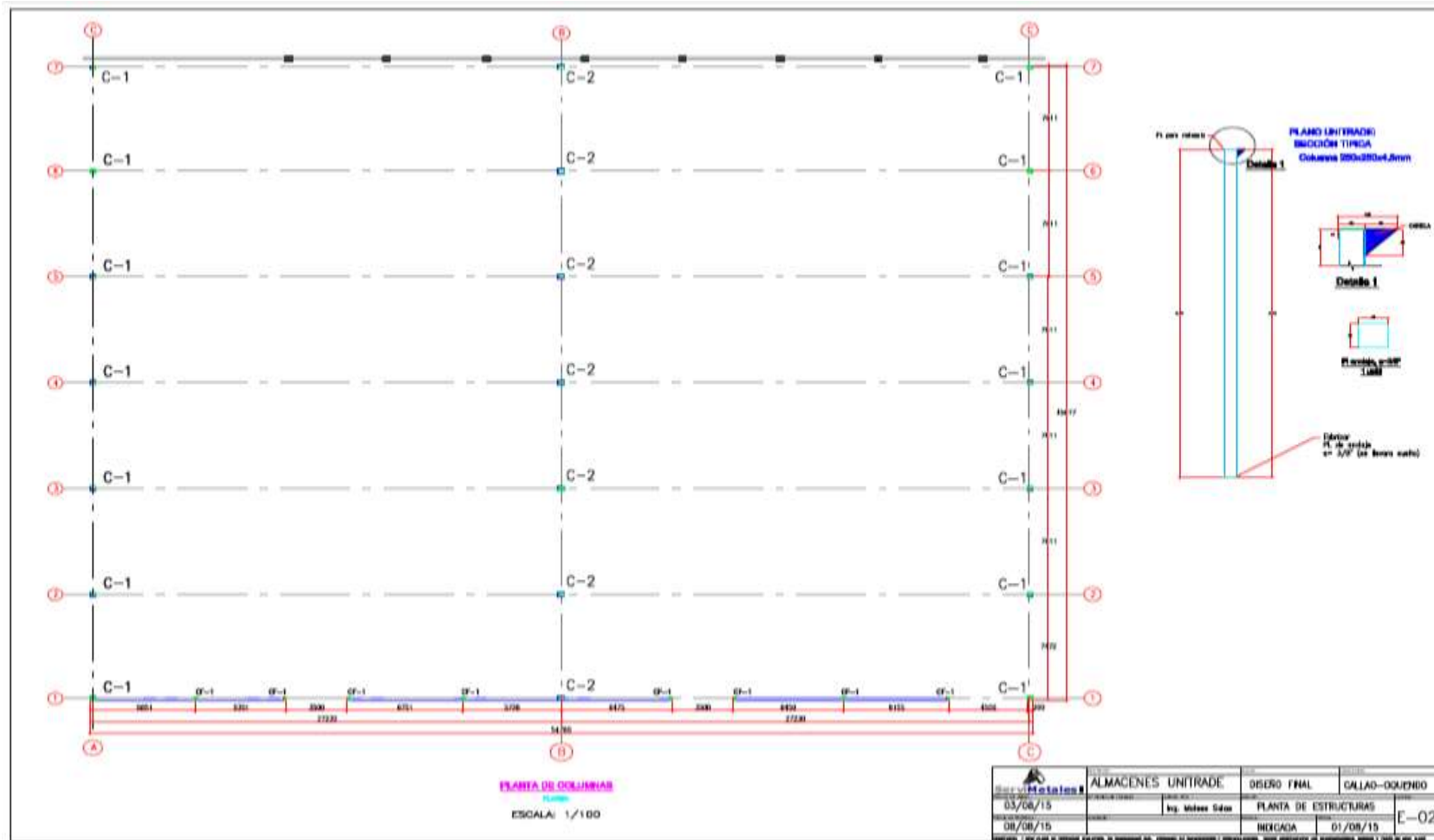
**CONSIDERACIONES:**

- MATERIALES : Estructura: Arcos, viguetas y arriostres con perfiles angulares y barras circulares lisas A-36.  
Cobertura: Planchas aluminio, color natural, e=0.6mm, Calaminón o similar.  
Las pl translucidas, 4 und de 6.30m en cada paño de 6 mt; y 8 und en frente y fondo.  
Concreto Armado: f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>; fy = 4,200 kg/cm<sup>2</sup>
- ACABADO : Estructura metálica, dos capas base epóxica de 6 mils, previo arenado, y una capa de esmalte epóxico. Total: 8 mils.
- PLAZO : 90 días utiles.
- FORMA DE PAGO: 50% adelantado para la compra de materiales, saldo por valorizaciones mensuales.
- IGV : No está incluido.
- ENERGIA ELECTRICA PARA EL MONTAJE: que deberá ser proporcionada por el cliente.
- INCLUYE : Materiales, mano de obra, transporte, viáticos, gastos generales y utilidad.

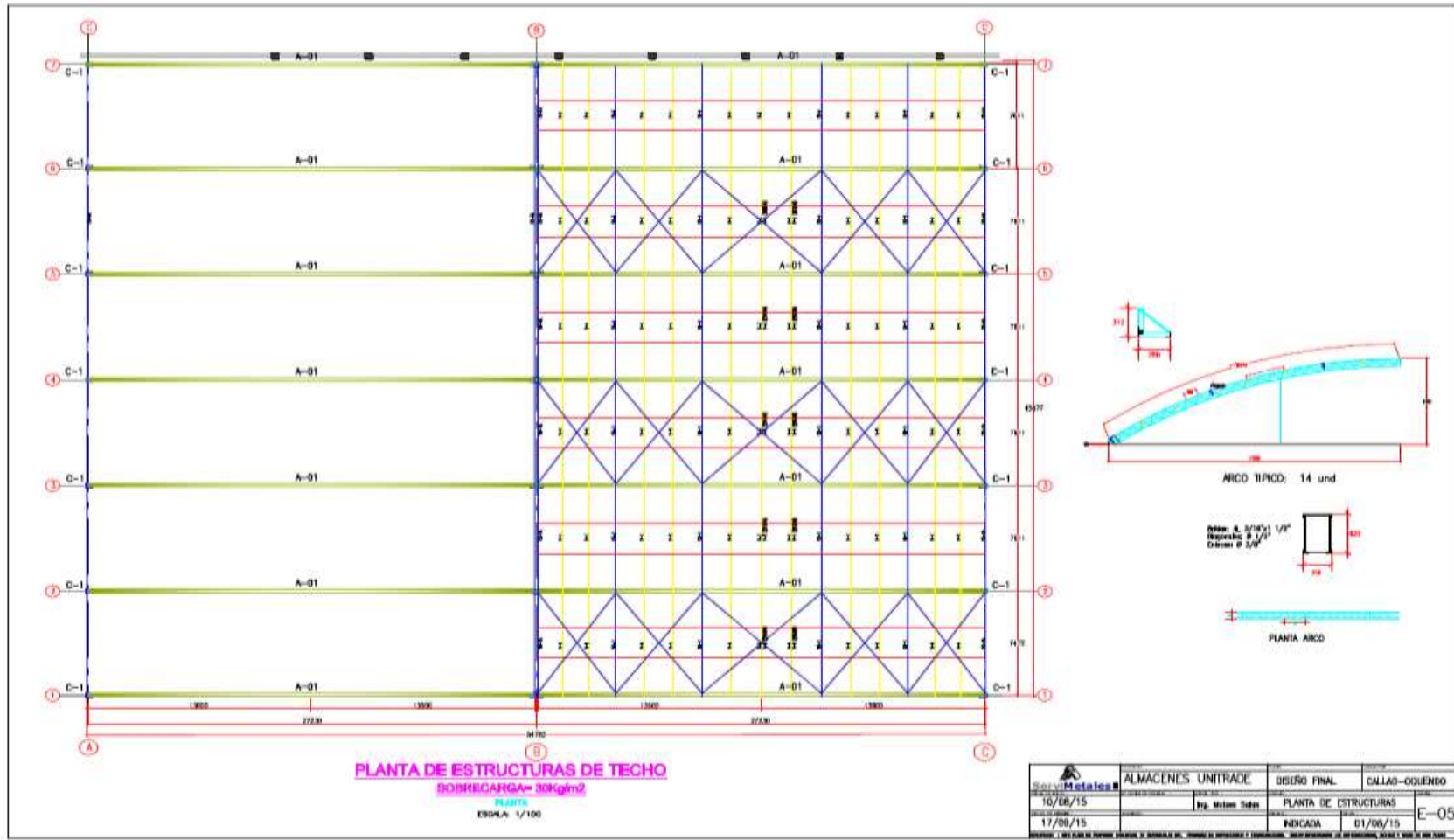
Anexo 4: Productividad de la Mano de Obra (Fuente: Servimetales S.A.C.)

Actividad	Unidad Básica	Recursos de Mano de Obra				Productividad de Mano de Obra (Historico)			Promedio de Productividad de Mano de Obra (Und/Día)
		Op	Of	Ayu	TOT	Pre 1	Pre 2	Pre 3	
<b>COLUMNAS</b>									
Trazo	Cuadr. Tr	1	1		2	74.85	74.60	75.55	75.00
Habilitación	Cuadr. Hab		1	1	2	3649.90	3643.00	3642.10	3645.00
Armado	Cuadr. Arm		1	1	2	2808.00	2814.00	2808.00	2810.00
Soldado	Cuadr.Sold.		1		1	9.25	7.95	7.55	8.25
Pintura	Cuadr. Pint.		1	1	2	36.30	37.80	36.90	37.00
<b>ARCOS</b>									
Trazo	Cuadr. Tr	1	1	1	3	46.43	44.76	43.8	45.00
Habilitación	Cuadr. Hab		1	1	2	1159.30	1159.90	1160.80	1160.00
Armado	Cuadr. Arm	1	1	1	3	620.00	618.00	622.00	620.00
Soldado	Cuadr.Sold.		1	1	2	109.00	106.00	103.00	106.00
Pintura	Cuadr. Pint.		1	5	6	27.60	28.70	28.60	28.30
<b>VIGAS TRIANGULARES</b>									
Trazo	Cuadr. Tr		1	1	2	29.00	29.00	32.00	30.00
Habilitación	Cuadr. Hab		1	1	2	620.00	611.00	599.00	610.00
Armado	Cuadr. Arm		1	1	2	489.00	482.00	469.00	480.00
Soldado	Cuadr.Sold.		1		1	255.00	257.00	253.00	255.00
Pintura	Cuadr. Pint.		1	2	3	43.00	37.00	40.00	40.00
<b>VIGAS LINEALES</b>									
Trazo	Cuadr. Tr		1	1	2	39.00	40.00	41.00	40.00
Habilitación	Cuadr. Hab		1	1	2	688.60	681.80	684.60	685.00
Armado	Cuadr. Arm		1	1	2	542.00	540.00	538.00	540.00
Soldado	Cuadr.Sold.		1		1	294.00	295.00	293.00	294.00
Pintura	Cuadr. Pint.		1	2	3	51.34	50.11	50.04	50.50
<b>ARRIOSTRES</b>									
Pintura	Cuadr. Pint.		1	1	2	67.00	63.00	65.00	65.00

Anexo5: Plano en planta de Estructuras de Columnas (Fuente: Servimetales S.A.C.)



Anexo 6: Plano en planta de Estructuras de Techo (Fuente: Servimetales S.A.C.)



Anexo 7: Plano en planta de Estructuras de Viguetas (Fuente: Servimetales S.A.C.)

PROYECTO UNITRADE: (VIGUETAS LINEALES)

Diagonales V-1: 156 und (Eje del 1 al 7)  
 PARA NAVE 1 = 78 UNID  
 NAVE 2 = 78 UNID

Brida Sup:  $2L \frac{3}{8} \times 1 \frac{1}{4}$ "  
 Brida Inf:  $2 \times \frac{3}{8}$ "  
 Diagonales:  $\emptyset \frac{3}{8}$ "

PROYECTO UNITRADE (VIGUETA TRIANGULAR)

Brida Sup:  $2L \frac{3}{8} \times 1 \frac{1}{4}$ "  
 Brida Inf:  $2 \times \frac{3}{8}$ "  
 Diagonales:  $\emptyset \frac{3}{8}$ "

PARA VIGUETA VC-1

TIPO	LONGITUD	NAVE 1	NAVE 2	TOTAL
VC-1	7.65 m	36	36	72

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESTRUCTURA DE ACERO

ESPECIFICACIONES PARA LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO ESTRUCTURAL

: AISC ULTIMA EDICIÓN.  
 : ASTM A-36 ( $f_y = 36,000 \text{ Lb/pulg}^2$ ) (EXCEPTO INDICADO)  
 : ASTM A-325 (EXCEPTO INDICADO)  
 : ASTM A-36  
 : ASTM A193-B7 (EXCEPTO INDICADO)  
 : ELECTRODOS AWS A-5.1 SERIE E-70.

ANCLAJES

SOLDADURA

- LA CALIDAD Y TRABAJO DE LA SOLDADURA SERÁ CONFORME CON EL CÓDIGO DE SOLDADURA AWS D.1.1/D.1.1M 2010 DE LA SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA (AMERICAN WELDING SOCIETY)
- LA SOLDADURA DE LAS UNIONES DEBERÁ DESARROLLAR LA CAPACIDAD EN TRACCIÓN DE CADA ELEMENTO CONCURRENTE.
- EL CONTRATISTA DE LA ESTRUCTURA DE ACERO ELABORARÁ PLANOS DE FABRICACIÓN Y/O DETALLES QUE DEBERÁ SOMETER A REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL PROYECTISTA.

PROTECCIÓN

- SE UTILIZARÁ UN SISTEMA EPÓXICO, APLICABLE SOBRE SUPERFICIES PREPARADAS DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE.
- LA PROTECCIÓN CONSTARÁ DE LAS SIGUIENTES CAPAS:
  - a.- PREPARACIÓN DE SUPERFICIE : ESTARÁ DE ACUERDO CON LA ESPECIFICACIÓN SSPC-SP-5 QUE CORRESPONDE AL ARENADO A METAL BLANCO.
  - b.- PRIMERA MANO (EN TALLER) : ANTICORROSIVO EPOXY-POLIAMIDA 50 MICRONES
  - c.- SEGUNDA MANO (EN TALLER) : ESMALTE EPOXY-POLIAMIDA DE COLOR DIFERENTE ACABADO 75 MICRONES
  - d.- TERCERA MANO (EN SITIO O EN TALLER) : ESMALTE EPOXY-POLIAMIDA COLOR REQUERIDO 75 MICRONES  
 ESPESOR TOTAL DEL FILM SECO 200 MICRONES

EL TIEMPO A TRANSCURRIR ENTRE LAS DIFERENTES CAPAS SE MANTENDRÁ ENTRE 8 Y 22 HORAS.

**VIGUETAS LINEALES Y TRIANGULARES**

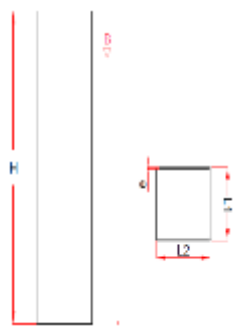
PLANTA

	ALMACENES UNITRADE	DISEÑO FINAL	CALLAO-OQUEENDO
27/08/15	Ing. Moises Sidos	MODELO TÍPICO DE VIGUETAS	E-06
17/09/15		INDICADA 01/08/15	

NOTAS: 1. Este plano es propiedad intelectual de Servimetales S.A.C. Reservados todos los derechos. No se permite su reproducción, distribución o uso sin el consentimiento escrito de Servimetales S.A.C.





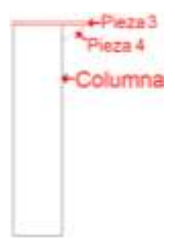
Anexo 9: Modelo de Control de Modulaci3n y Dimensional - Columna (Fuente: Propia)

		GESTION DE CALIDAD				C-QC-RG-01																																																																																																																																																																																																																																																																
		REGISTRO DE CONTROL DE MODULACI3N Y DIMENSIONAMIENTO				Fecha																																																																																																																																																																																																																																																																
		PROYECTO: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS METALICAS NUEVO ALMACEN UNITRADE				Versi3n																																																																																																																																																																																																																																																																
						P3gina																																																																																																																																																																																																																																																																
REG. N3: 1																																																																																																																																																																																																																																																																						
PLANO N3: E-01		ELEMENTO: COLUMNA			CODIGO: C1-001																																																																																																																																																																																																																																																																	
EQUIPO DE MEDICION: WINCHA Y VERNIER																																																																																																																																																																																																																																																																						
INSPECCIONADO POR:				FECHA DE INSPECCION:																																																																																																																																																																																																																																																																		
<p><b>DIMENSIONAMIENTO SEG3N MATERIAL DEL PLANO</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>Largo 1 (L1)</th> <th>Largo 2 (L2)</th> <th>Espesor (e)</th> <th>Longitud (H)</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 6 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 9 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> 12 m</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Elemento	Largo 1 (L1)	Largo 2 (L2)	Espesor (e)	Longitud (H)	Total					<input type="checkbox"/> 6 m						<input type="checkbox"/> 9 m						<input type="checkbox"/> 12 m		<p><b>ESQUEMA DIMENSIONAL:</b></p> 																																																																																																																																																																																																																																										
Elemento	Largo 1 (L1)	Largo 2 (L2)	Espesor (e)	Longitud (H)	Total																																																																																																																																																																																																																																																																	
				<input type="checkbox"/> 6 m																																																																																																																																																																																																																																																																		
				<input type="checkbox"/> 9 m																																																																																																																																																																																																																																																																		
				<input type="checkbox"/> 12 m																																																																																																																																																																																																																																																																		
<p><b>CUADRO DEMODULACI3N SEG3N LONGITUD DE PLANO</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Nomenclatura</th> <th rowspan="3">Longitud</th> <th rowspan="3">Cantidad</th> <th colspan="9">Piezas</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Pieza 1</th> <th colspan="3">Pieza 2</th> <th colspan="3">Pieza 3</th> </tr> <tr> <th>Cod</th><th>Long</th><th>Cant</th> <th>Cod</th><th>Long</th><th>Cant</th> <th>Cod</th><th>Long</th><th>Cant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Nomenclatura	Longitud	Cantidad	Piezas									Pieza 1			Pieza 2			Pieza 3			Cod	Long	Cant	Cod	Long	Cant	Cod	Long	Cant																																																																																																																																																																																																																																		<p style="text-align: center;"><b>Longitud (H)</b></p> <p>←-----→</p> <p>C3digo <input style="width: 150px;" type="text"/> Elemento N3 .....  C3digo <input style="width: 150px;" type="text"/> Elemento N3 .....  C3digo <input style="width: 150px;" type="text"/> Elemento N3 .....  C3digo <input style="width: 150px;" type="text"/> Elemento N3 .....  C3digo <input style="width: 150px;" type="text"/> Elemento N3 .....  C3digo <input style="width: 150px;" type="text"/> Elemento N3 .....  C3digo <input style="width: 150px;" type="text"/> Elemento N3 .....  C3digo <input style="width: 150px;" type="text"/> Elemento N3 .....  C3digo <input style="width: 150px;" type="text"/> Elemento N3 .....  C3digo <input style="width: 150px;" type="text"/> Elemento N3 .....</p>			
Nomenclatura	Longitud	Cantidad	Piezas																																																																																																																																																																																																																																																																			
			Pieza 1				Pieza 2			Pieza 3																																																																																																																																																																																																																																																												
			Cod	Long	Cant	Cod	Long	Cant	Cod	Long	Cant																																																																																																																																																																																																																																																											
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																																																																																																																						
ELABORADO:		REVISADO:			APROBADO:																																																																																																																																																																																																																																																																	
CONTROL DE CALIDAD		JEFE DE 3REA TECNICA			SUPERVISOR A CARGO																																																																																																																																																																																																																																																																	


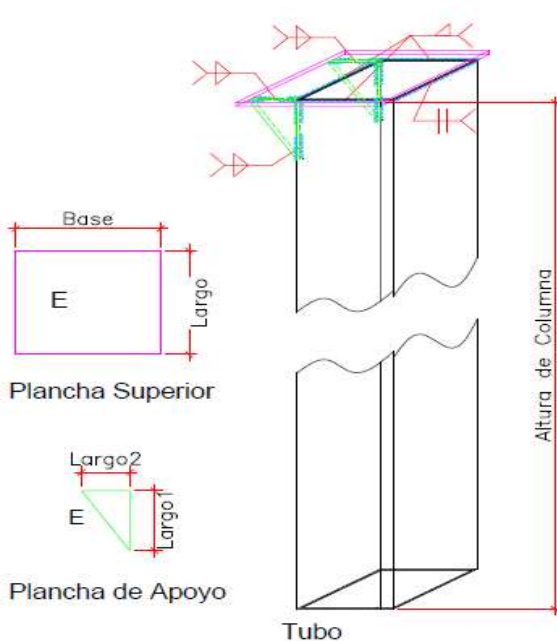




Anexo 11: Modelo de Control Pre Armado - Columna (Fuente: Propia)

		GESTION DE CALIDAD				C-QC-RG-01																																																																																																																																																																																																																																																										
		REGISTRO DE CONTROL DE PRE ARMADO DE PIEZAS				Fecha																																																																																																																																																																																																																																																										
		PROYECTO: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS METALICAS NUEVO ALMACEN UNITRADE				Versión																																																																																																																																																																																																																																																										
						Página																																																																																																																																																																																																																																																										
REG. Nº: 1																																																																																																																																																																																																																																																																
PLANO Nº: E-01		ELEMENTO: COLUMNA			CODIGO: C1-001																																																																																																																																																																																																																																																											
EQUIPO DE MEDICION:																																																																																																																																																																																																																																																																
INSPECCIONADO POR:						FECHA DE INSPECCION:																																																																																																																																																																																																																																																										
<p><b>COLUMNA (PRE-ARMADO)</b></p> <p>Tubo: .....</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Item</th> <th rowspan="2">Nomenclatura</th> <th rowspan="2">N° Empalme</th> <th colspan="3">Plancha de Respaldo (e=.....)</th> </tr> <tr> <th>Conforme</th> <th>No conforme</th> <th>Observación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 20px;"> <p><b>ESQUEMA DE TUBO :</b></p>  <p>El diagrama muestra un tubo vertical. En la parte superior, una línea con hachuras indica la "PL de Respaldo" con la fórmula <math>e_{min} = e_{tubo}</math>. En la parte inferior, una línea horizontal indica la "Pieza".</p> </div> <p>Mensula: .....</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nomenclatura</th> <th colspan="3">Pieza 1</th> <th colspan="3">Pieza 2</th> </tr> <tr> <th colspan="6">N° Elemento (s) : .....</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Conforme</th> <th>No conforme</th> <th>Observación</th> <th>Conforme</th> <th>No conforme</th> <th>Observación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 20px;"> <p><b>ESQUEMA DE MENSULA CENTRAL:</b></p>  <p>El diagrama muestra una mensula vertical. En la parte superior, se indican "Pieza 1" y "Pieza 2". En la parte inferior, se indica "Columna Central".</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nomenclatura</th> <th colspan="3">Pieza 3</th> <th colspan="3">Pieza 4</th> </tr> <tr> <th colspan="6">N° Elemento (s) : .....</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Conforme</th> <th>No conforme</th> <th>Observación</th> <th>Conforme</th> <th>No conforme</th> <th>Observación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 20px;"> <p><b>ESQUEMA DE MENSULA DE EXTREMOS:</b></p>  <p>El diagrama muestra una mensula vertical. En la parte superior, se indican "Pieza 3" y "Pieza 4". En la parte inferior, se indica "Columna".</p> </div>								Item	Nomenclatura	N° Empalme	Plancha de Respaldo (e=.....)			Conforme	No conforme	Observación																																																													Nomenclatura	Pieza 1			Pieza 2			N° Elemento (s) : .....							Conforme	No conforme	Observación	Conforme	No conforme	Observación																																																																							Nomenclatura	Pieza 3			Pieza 4			N° Elemento (s) : .....							Conforme	No conforme	Observación	Conforme	No conforme	Observación																																																																						
Item	Nomenclatura	N° Empalme	Plancha de Respaldo (e=.....)																																																																																																																																																																																																																																																													
			Conforme	No conforme	Observación																																																																																																																																																																																																																																																											
Nomenclatura	Pieza 1			Pieza 2																																																																																																																																																																																																																																																												
	N° Elemento (s) : .....																																																																																																																																																																																																																																																															
	Conforme	No conforme	Observación	Conforme	No conforme	Observación																																																																																																																																																																																																																																																										
Nomenclatura	Pieza 3			Pieza 4																																																																																																																																																																																																																																																												
	N° Elemento (s) : .....																																																																																																																																																																																																																																																															
	Conforme	No conforme	Observación	Conforme	No conforme	Observación																																																																																																																																																																																																																																																										
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																																																																																																																
ELABORADO:		REVISADO:			APROBADO:																																																																																																																																																																																																																																																											
CONTROL DE CALIDAD		JEFE DE AREA TECNICA			SUPERVISOR A CARGO																																																																																																																																																																																																																																																											

Anexo 12: Modelo de Control Soldadura - Columna (Fuente: Servimetales S.A.C.)

		GESTION DE CALIDAD			C-QC-RG-1						
		REGISTRO DE CONTROL DE SOLDADURA			Fecha						
PROYECTO: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS METALICAS NUEVO ALMACEN		Versión									
UNITRADE		Página		1 de 1							
CLIENTE:	UNITRADE	PLANO DE REFERENCIA: E-2		REV.							
CONTRATISTA:	SERVIMETALES S.A.C.	ESTANDARS DE REFERENCIA: AWS D1.1 ASTM AISC RNE E 090									
DESCRIPCION DE ELEMENTO (CÓDIGOS): COLUMNA LATERAL (tubo 8" x 8" x 6mm)		FECHA DE INSPECCIÓN:		N ° DE REGISTRO: 01							
ESQUEMA:											
		<b>RESULTADO DE LA INSPECCIÓN DIMENSIONAL</b>		<b>VERIFICACION DE CONDICIONES (indicar con un check ó colocar N.A.)</b>							
		DIMENSIONES LONGITUDINALES <input type="checkbox"/> ESPESOR <input type="checkbox"/> AGUJEROS <input type="checkbox"/> APORTE DE CALOR, CORTE TÉRMICO <input type="checkbox"/> PLEGADO DE PLANCHAS <input type="checkbox"/> PROCESO DE ARMADO Y ENSAMBLE <input type="checkbox"/> TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN: <input type="checkbox"/> CONTRAFLECHA (CAMBER) <input type="checkbox"/> COMBADURA (SWEEP) <input type="checkbox"/> PROCESO DE ARMADO Y ENSAMBLE <input type="checkbox"/> VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES DEL PERFIL <input type="checkbox"/> VERIFICACION DE ESPESOR DE PLANCHAS <input type="checkbox"/> REQUERIMIENTOS DE RUGOSIDAD <input type="checkbox"/>		<b>ANTES DEL SOLDEO</b> MATERIAL BASE <input type="checkbox"/> MATERIAL DE APORTE <input type="checkbox"/> PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA <input type="checkbox"/> CALIFICACION DE SOLDADORES <input type="checkbox"/> PREPARACION DE JUNTAS <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/> <b>DURANTE EL SOLDEO</b> PRECALENTAMIENTO <input type="checkbox"/> TEMPERATURA ENTRE PASADAS <input type="checkbox"/> LIMPIEZA ENTRE CORDONES <input type="checkbox"/> CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS <input type="checkbox"/> VELOCIDAD DE SOLDEO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/> <b>DESPUES DEL SOLDEO</b> VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO <input type="checkbox"/> ASPECTO EXTERIOR <input type="checkbox"/> DIMENSIONES <input type="checkbox"/> TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR <input type="checkbox"/> ENSAYOS END <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>							
		MATERIAL CERTIFICADO Y/O COLADA 11E04Z0233									
OBSERVACIONES EN LA INSPECCIÓN DE SOLDADURA											
Codigo del elemento	Marca de la Junta	Código del Soldador	Tipo de Junta		Proceso	Dimensión		Resultado C / NC	Defectos	Fecha de reinspección	Resultado
			Tope	Filete		Nominal	Real				
INSTRUMENTOS UTILIZADOS:											
BRIDGECAM GAGE <input type="checkbox"/>		FILLET WELD GAGE <input type="checkbox"/>		VERNIER / CINTA <input type="checkbox"/>		Otros: _____					
LEYENDA DE DEFECTOS:											
FU: Falta de Fusión Metal Base / Soldadura				SO: Socavación							
Ft: Fisura				SR: Sobremonta							
CR: Cráter				PA: Porosidad Aislada							
FC: FALTA Dimensión del Cateto (Soldadura de Filete)				PL: Porosidad Alineada							
FL: Falta de Llenado				PN: Porosidad Anidada							
COMENTARIOS:											
Control de Calidad QC / QA				Jefe de Area Tecnica				Supervisor a cargo			




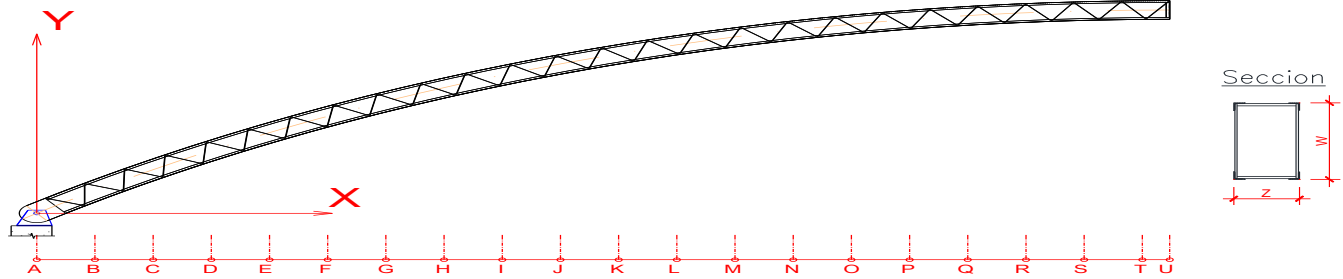








Anexo 18: Modelo de Control Dimensional- Arco (Fuente: Servimetales S.A.C.)

	<b>GESTION DE CALIDAD</b>		<b>A-QC-RG-01</b>																	
	<b>PROYECTO:</b> REGISTRO DE CONTROL DIMENSIONAL CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS METALICAS NUEVO ALMACEN UNITRADE		Fecha Versión Página																	
<b>REG. N°:</b> 1	<b>PLANO N°:</b> E-01		<b>ELEMENTO:</b> ARCO PARABOLICO	<b>CODIGO:</b> A1-001																
<b>EQUIPO DE MEDICION:</b> FLEXOMETRO		<b>ESTANDAR DE REFERENCIA:</b> DIN 7188 Y DIN 85701																		
<b>INSPECCIONADO POR:</b> MARLON ARAUJO C.		<b>FECHA DE INSPECCION:</b>																		
<b>ESQUEMA DIMENSIONAL:</b>																				
																				
<b>CUADRO DE COORDENADAS</b>																				
<b>VARIABLES</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	
X	0																			
Y	0																			
<b>VARIABLES</b>	<b>T</b>	<b>U</b>			<b>SECCION</b>		<b>W</b>	<b>Z</b>												
X					Nominal															
Y					Real															
<b>OBSERVACIONES:</b>																				
<b>ELABORADO:</b>					<b>REVISADO:</b>					<b>APROBADO:</b>										
Sr. MARLON ARAUJO C. CONTROL DE CALIDAD					Ing. MOISES SALAS JEFE DE AREA TECNICA					Ing. EDGAR RAMIREZ SUPERVISOR A CARGO										



Anexo 19: Modelo de Modulación de material y cantidad. (Fuente: Propia)

		GESTION DE CALIDAD		C-QC-RG-01																																																																																																																																																																																																																																			
		REGISTRO DE CONTROL DE MODULACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO				Fecha																																																																																																																																																																																																																																	
PROYECTO:		CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS METALICAS NUEVO ALMACEN UNITRADE				Versión																																																																																																																																																																																																																																	
						Página																																																																																																																																																																																																																																	
REG. Nº: 1																																																																																																																																																																																																																																							
PLANO Nº: E-01		ELEMENTO: COLUMNA		CODIGO:																																																																																																																																																																																																																																			
EQUIPO DE MEDICION: WINCHA Y VERNIER																																																																																																																																																																																																																																							
INSPECCIONADO POR:				FECHA DE INSPECCION:																																																																																																																																																																																																																																			
<p><b>DIMENSIONAMIENTO SEGÚN MATERIAL DEL PLANO (Para un Mitad de Arco)</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>Espesor (e)</th> <th>Base (b1)</th> <th>Peralte (h)</th> <th>Longitud Arc(L)</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>							Elemento	Espesor (e)	Base (b1)	Peralte (h)	Longitud Arc(L)	Total																																																																																																																																																																																																																											
Elemento	Espesor (e)	Base (b1)	Peralte (h)	Longitud Arc(L)	Total																																																																																																																																																																																																																																		
<p style="text-align: right;"><b>ESQUEMA DIMENSIONAL: Seccion</b></p> <p style="text-align: center;">Peralte (h)</p> <p style="text-align: center;">Base (b1)</p> <p style="text-align: center;">Longitud (Lo)</p>																																																																																																																																																																																																																																							
<p><b>CUADRO DE MODULACIÓN SEGÚN LONGITUD DE PLANO</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Elemento</th> <th rowspan="3">Longitud</th> <th rowspan="3">Cantidad para ...</th> <th colspan="9">Piezas</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Pieza 1</th> <th colspan="3">Pieza 2</th> <th colspan="3">Pieza 3</th> </tr> <tr> <th>Cod</th><th>Long</th><th>Cant</th> <th>Cod</th><th>Long</th><th>Cant</th> <th>Cod</th><th>Long</th><th>Cant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>							Elemento	Longitud	Cantidad para ...	Piezas									Pieza 1			Pieza 2			Pieza 3			Cod	Long	Cant	Cod	Long	Cant	Cod	Long	Cant																																																																																																																																																																																																			
Elemento	Longitud	Cantidad para ...	Piezas																																																																																																																																																																																																																																				
			Pieza 1			Pieza 2				Pieza 3																																																																																																																																																																																																																													
			Cod	Long	Cant	Cod	Long	Cant	Cod	Long	Cant																																																																																																																																																																																																																												
<p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p> <p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p> <p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p> <p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p> <p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p> <p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p> <p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p> <p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p> <p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p> <p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p> <p>Código <input type="text"/> Elemento N° .....</p>																																																																																																																																																																																																																																							
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																																																																																							
ELABORADO:		REVISADO:		APROBADO:																																																																																																																																																																																																																																			
CONTROL DE CALIDAD		JEFE DE AREA TECNICA		SUPERVISOR A CARGO																																																																																																																																																																																																																																			

















