

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PLANIFICACION MAESTRA APLICANDO LINEAS DE BALANCE A LA OBRA "EDIFICIO MULTIFAMILIAR RESIDENCIAL PEDRO URRACA"- TRUJILLO, EN LA MEJORA DE LA EFICIENCIA.

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES : Chun Torres Lizzeths
Sevillano Sierra Elías

ASESOR: Msc. CARLOS VARGAS CARDENAS

TRUJILLO, JUNIO DEL 2015

Nº de Registro: _____

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres que me apoyaron todo el tiempo desde la etapa que inicié hasta hoy en día.

A dios por darme la fuerza necesaria para concluir con todo

A mi abuelo que en paz descanse ya que por él me incliné a esta carrera.

A mi enamorada que estuvo ahí en los momentos más duros de mi carrera y de mi vida.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

Agradezco a Dios por ser mi guía y darme la oportunidad de cumplir mis metas, a mis padres por ser mi soporte en los momentos más difíciles, a mis hermanos por ser mi inspiración a ser mejor cada día y también a mis padrinos ya que sus principios y amor fueron esenciales en mi formación y por último a mi mejor amiga ya que sus consejos y motivación fue uno de mis mayores soportes en este trayecto.

Para ellos dedico esta tesis, pues sin su apoyo y participación este logro no hubiera sido posible.

A G R A D E C I M I E N T O S

Nos gustaría agradecer sinceramente a nuestro asesor de tesis Msc. Carlos Vargas Cárdenas.

Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para nuestra formación como investigadores.

Él ha inculcado en nosotros un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no se podría tener una formación completa.

A su manera ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con el por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado la tesis.

INDICE

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA..... | II |
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| INDICE..... | IV |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes y Justificación del Problema | 1 |
| 1.1.1 Antecedentes..... | 1 |
| 1.1.2 Justificación | 6 |
| 1.2 Formulación del Problema | 8 |
| 1.3 Objetivos | 8 |
| 1.4 Hipótesis | 9 |
| 1.4.1 Definición de las variables: | 9 |
| 1.4.2 Definiciones Conceptuales | 9 |
| 1.5 Marco Teórico | 11 |
| 1.5.1 Reseña Historia | 11 |
| 1.5.2 Nueva Filosofía De Produccion: Lean Production..... | 13 |
| 1.5.3 Lean Construction..... | 17 |
| 1.5.4 Líneas de Balance | 24 |
| 1.6 La línea de balance (LDB) y el uso de la informática | 38 |
| 1.6.1 El uso de la informática..... | 39 |
| II. MATERIAL Y METODOS | 46 |
| 2.1 Material de Estudio | 46 |
| 2.1.1 Población | 46 |

| | |
|--|----|
| 2.1.2 Diseño de la Muestra | 46 |
| 2.1.3 Diseño de Investigación..... | 46 |
| 2.2 Métodos y Técnicas | 46 |
| 2.2.1 Método..... | 46 |
| 2.2.2 Técnica | 47 |
| 2.2.3 Procedimiento..... | 47 |
| III. RESULTADOS | 59 |
| 3.1 Resultados Cualitativos..... | 60 |
| 3.2 Resultados Cuantitativos de la Tesis | 61 |
| IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 68 |
| V. CONCLUSIONES | 71 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 73 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 75 |
| VIII. ANEXOS..... | 76 |

RESUMEN

La presente tesis realiza una planificación maestra empleando el método de líneas de balance con el fin de demostrar si es verdad que este método aumenta significativamente la productividad y la eficiencia de la obra.

Estos indicadores fueron empleados y comparados para mostrar la relación y diferencia entre el método tradicional y el método utilizando líneas de balance, estos indicadores permiten observar si la hipótesis planteada fue exacta o no.

En el primer capítulo se tendrá una pequeña introducción del tema a tratar con los datos que fueron necesarios para iniciar con todo esto. En el segundo capítulo se habla de la reseña historia de lean construcción, como inicio y como fue avanzando en el tiempo, siendo cada vez más útil y ventajosa para el rubro de la construcción. En el tercer capítulo se hablará del método de líneas de balance, como surgió, en que obras fueron empleadas, cuáles fueron sus resultados y se pondrá en práctica el método con un ejemplo muy básico con ayuda del programa Excel. Terminando, en el cuarto capítulo se observa la aplicación del método líneas de balance en la programación maestra de la obra “Edificio multifamiliar Pedro Urraca”.

Finalmente en los capítulos siguientes quinto, sexto y séptimo se hablará de los resultados, se discutirá y modificará algunos datos y se determinará qué camino es el más productivo y eficiente, con estos últimos datos se finalizará con las conclusiones.

A B S T R A C T

This thesis makes a master planning using the method of lines of balance to show if it is true that this method significantly increases the productivity and efficiency of the work.

These indicators were employed and compared to show the relationship and difference between the traditional method and the method using lines of balance, these indicators allow us to observe whether the hypothesis was correct or not.

In the first chapter, we will have a brief introduction of the topic to deal with data that were necessary to start with this. In the second chapter discusses the history of lean construction review, as start and as it progressed over time, becoming more useful and advantageous for the construction industry. In the third chapter discusses the method of lines of balance, as emerged in which works were used, what were your results and will implement the method with a very basic example using the Excel program. Ending in the fourth chapter observe the application of the method balance lines in master scheduling of the work "Multifamily building Pedro Urraca".

Finally in the following chapters fifth, sixth and seventh discuss the results, discuss and modify some data and see which path is the most productive and efficient with recent data will finish with conclusions.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes y Justificación del Problema

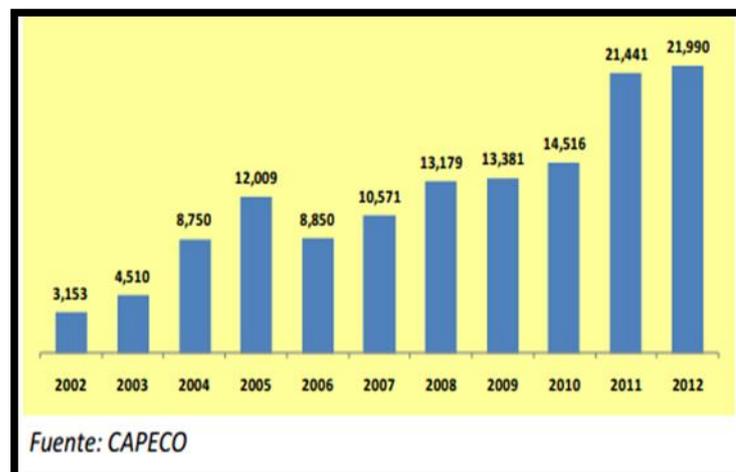
1.1.1 Antecedentes

La industria de la construcción ha tenido los últimos años un crecimiento sostenido a lo que se refiere a edificación. En el 2013, la demanda de viviendas de valor intermedio mostró un importante incremento. Esta evolución es consistente con el crecimiento de la clase media y de los ingresos de las familias.

En el último año, se ha registrado un desplazamiento de la demanda de viviendas desde aquellas de bajo valor (menores a USD 80 mil) hacia las de valor medio (entre USD 80 mil a USD 150 mil). Esta evolución está en línea con los cambios en la distribución socioeconómica de las familias que evidencian un mayor crecimiento de las clases medias.

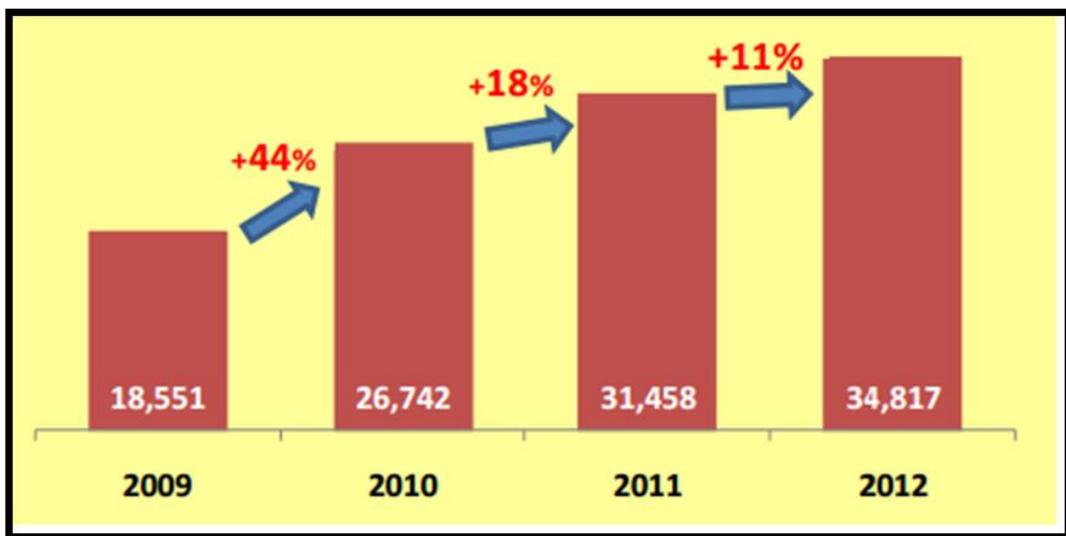
Según información de CAPECO (Figura 1), en el año 2012 se vendieron 21 990 viviendas nuevas formales, lo que implica un crecimiento de apenas 2.6% respecto del año anterior. Se ha contenido la importante tendencia de crecimiento que se había presentado en el año 2011 respecto al 2010: incremento de 47.7% en unidades.

Figura 1: Venta de viviendas (unidades)



El crédito hipotecario también ha tenido un crecimiento sostenido y significativo, como se puede observar en la Figura 2, y esto ha ocasionado que exista bastante demanda. Las unidades más demandadas son los departamentos, de manera que los productos multifamiliares son los productos estrellas, promovidos por el crédito hipotecario.

Figura 2: Créditos Hipotecarios Desembolsados
(Enero- Noviembre)



Fuente: Capeco

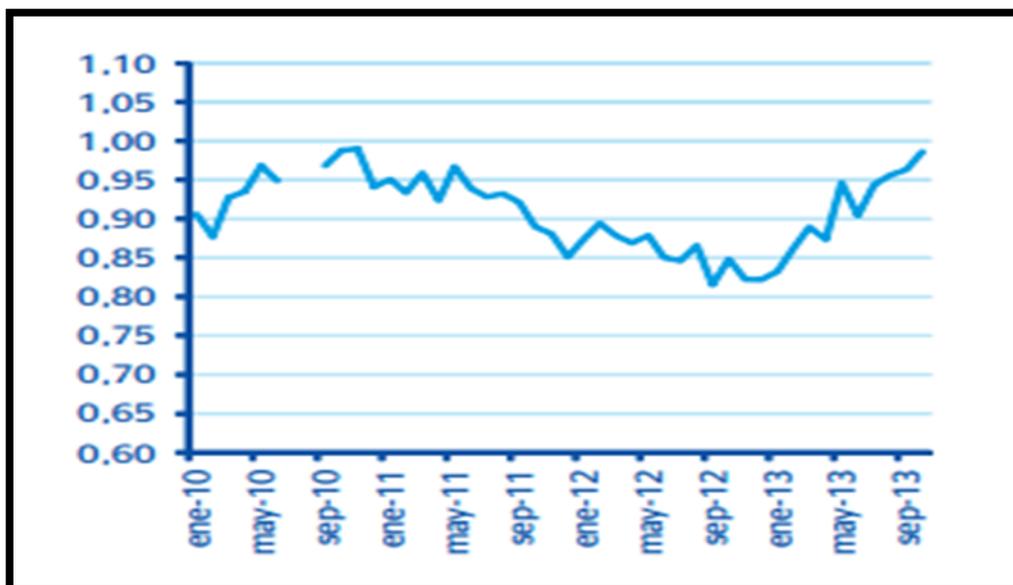
El saldo de préstamos hipotecarios otorgados por la banca totalizó S/. 28 mil millones a octubre de 2013, lo que representa 5.1% del PIB. En cuanto a su evolución, al evaluar el saldo de créditos hipotecarios a tipo de cambio constante, estos vienen experimentando una desaceleración desde principios de año y actualmente crecen en torno al 18%.

Se considera que este dinamismo sigue siendo bueno, el cual tiene importantes soportes de oferta y demanda. Un indicador financiero de que las condiciones económicas del país siguen siendo favorables es que el nivel de morosidad de

los créditos hipotecarios se ha mantenido por debajo del 1% en los últimos dos años (Figura 3).

Figura 3: Nivel de Morosidad del saldo de los créditos

Hipotecarios (%)



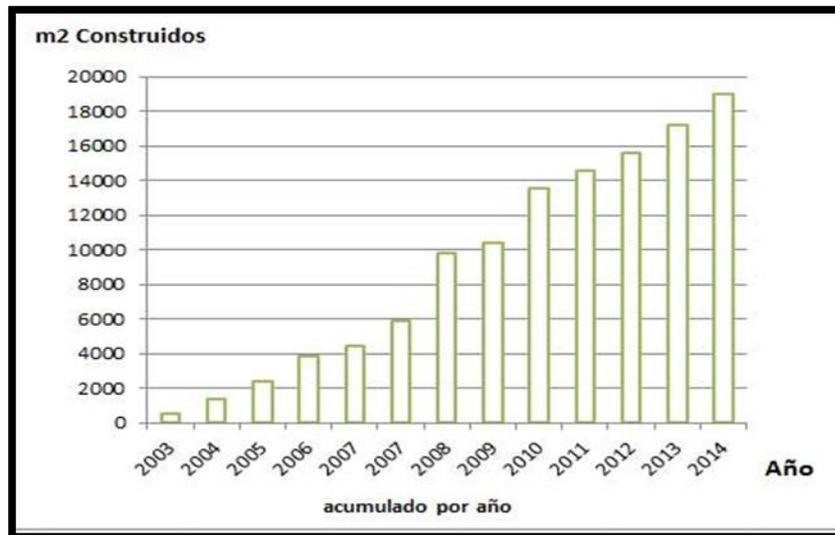
Fuente: SBS

Como se observa en las estadísticas es indudable que el sector de la construcción es un componente significativo en la economía de un país. En el Perú se registró que la actividad de la construcción lideró el crecimiento en el 2008 con 16,4 por ciento respecto al 2007, debido fundamentalmente al mayor consumo interno de cemento en 16,6 por ciento e inversión en el avance físico de obras que se incrementó en 18 por ciento (INEI). A pesar de su importancia los problemas que enfrenta el sector son bien conocidos: baja productividad, pobre calidad, altos índices de accidentes, desviaciones en cumplimiento de plazos y presupuestos, entre otros.

Hoy en día, toda empresa relacionada con el rubro de la construcción está interesada en esta nueva filosofía lean como por ejemplo: La empresa DSF S.A.C que dedica a los negocios inmobiliarios y tiene una presencia importante en el mercado (Figura 3); la cual quiere mantener intacta, siempre tratando de generar sus ventajas competitivas frente a la competencia, es por eso que está

interesada en actualizarse con métodos que contribuyan a la mejora de su productividad.

Figura 4: Estadística de los m2 construidos por la Empresa DSF S.A.C.



Fuente: Empresa DSF S.A.C.

La empresa DSF S.A.C. desea saber si el método de Líneas de balance (LDB) resulta eficaz como procedimiento para administrar los tiempos y recursos; para planificar con mayor confianza, mejor estimación de plazos, mejor manejo de los recursos y sin perder el horizonte de la mejora continua.

Pero ¿Cómo podemos hacer que la programación general elaborada para la obra, se cumpla?, ¿Cómo prever los problemas o descoordinaciones que se van produciendo en la obra?, ¿Cómo conocer las causas que ocasionan estos problemas?; la respuesta a estas preguntas se encuentra dentro de la nueva filosofía de planificación de proyectos denominada Lean Construction donde encontramos el Last Planner System (Sistema del Último Planificador). Mediante este sistema, la planificación no sólo se lleva con el cronograma general de la obra sino que se va a un nivel más detallado, desarrollado por los mismos ejecutores de la obra usando la herramienta Lookahead con la cual se planifica la ejecución de la obra con una proyección de 4 semanas hacia

adelante aproximadamente, se analiza las restricciones de las actividades a ejecutar y se verifica el cumplimiento de lo programado semanalmente.

El punto de partida del Sistema Last Planner es que toda planificación es un pronóstico y todo pronóstico tiene errores, además cuanto más largo sea el periodo de este pronóstico y cuanto más detallado sea, mayor será el error. Por esta razón, los principios del Last Planner recomiendan: Planificar con más detalle a medida que se aproxime el trabajo a ejecutar; elaborar planes, identificar y eliminar las restricciones de las tareas previstas con el equipo que va a hacer el trabajo; hacer promesas confiables; y aprender de los errores. (Ballard, Hammond and Nickerson, 2009).

Tradicionalmente el Master Plan de las obras de construcción es realizado con la ayuda de diferentes programas de computación, los cuales generalmente usan el Método de la Ruta Crítica - CPM, existiendo en el mercado variados softwares especializados, tales como el Primavera Project Planner y el Microsoft Project.

Todas estas técnicas suponen que los recursos estarán siempre disponibles y que no habrán inconvenientes ni restricciones durante todo el desarrollo del proyecto, por lo que el típico Master Plan describe con lujo de detalle la secuencia y los tiempos que tomarán en hacerse cada una de las actividades de una obra de construcción, desde el primero hasta el último día de su ejecución. Bajo este enfoque el planeamiento y control de la producción se centra en la comparación del cumplimiento de lo avanzado contra lo que se pronostica en este Master Plan.

Sin embargo, la práctica demuestra que la disponibilidad de los recursos debe ser chequeada antes de iniciar cada una de las asignaciones. Los recursos relevantes, tales como, los planos de detalle, los materiales, los equipos, las herramientas, el espacio, las condiciones externas, etc., rara vez o nunca son explícitamente descritos en los cronogramas de un CPM. Además, la mayoría de gerentes de proyectos y contratistas generales, usan el Master Plan detallado no sólo para planificar y controlar la producción, sino también para administrar sus contratos (Choo, Tommelein, Ballard and Zabelle, 1999).

Para Explorar más en el tema y conocer de esta nueva filosofía se Continuará en el Capítulo 2 en donde se hablara de una pequeña reseña histórica de la

filosofía Lean Construction así como los conceptos que engloban esta innovadora filosofía; el Capítulo 3 se enfoca en el estudio del Método de líneas de balance a detalle; el Capítulo 4 muestra la aplicación e implementación del Método Líneas de Balance en el proyecto, el Capítulo 5 presenta los resultados obtenidos de la aplicación, la discusión de resultados, las conclusiones y recomendaciones se presentan en los capítulos sucesivos (Capítulo 6, Capítulo 7 y Capítulo 8 respectivamente).

1.1.2 Justificación

El método de líneas de balance contribuye a generar mejores oportunidades a la industria de la construcción. Principalmente por la sencillez de los principios en que se basa y por las múltiples ventajas que implica su utilización.

La técnica de programación más adecuada para proyectos de tipo repetitivo, tal como lo demuestran no sólo investigadores sino, principalmente, casos de éxito de empresas constructoras. La LDB es una técnica de programación que permite mostrar el trabajo que se realiza en un proyecto de construcción como una sola línea, o barra, en una gráfica, en vez de una serie de actividades como se haría en un diagrama de barras, resultante de CPM, PDM o PERT. LA LDB utiliza las ventajas de estas técnicas, y no las reemplaza.

A nivel de Empresa, DSF S.A.C., es una empresa de reconocido prestigio en el campo de la construcción, de obras civiles privadas, que de manera progresiva han venido aumentando su magnitud, tanto en tamaño de cada una de sus obras como en la calidad de las mismas. Es por esto que, la misma en su afán de siempre ir mejorando y actualizándose, está interesada en este estudio de investigación ya que le ayudaría a ver qué procesos tendrían que aliviar para poder manejar mejor sus tiempos, recursos y personal con la finalidad siempre de llegar al mismo propósito que es entregar un buen producto terminado al cliente.

Finalmente, el presente estudio de investigación se justifica también por los tesisistas. Ya que el objetivo es realizar este estudio de investigación analizando la obra “Edificio Multifamiliar Residencial Pedro Urraca”, la cual permitirá conocer más a fondo esta novedosa forma de programación mediante el método de líneas de balance. Y de esta manera se genere una ventaja competitiva, para poder así enfrentar al mercado laboral.

1.1.3 Planteamiento del Problema

La empresa DSF S.A.C ha hecho un estudio de rentabilidad los últimos 2 años, donde existe una correlación entre la rentabilidad y la eficiencia en el uso de los recursos de las obras, motivo por el cual tiene una honda preocupación de cómo revertir esta situación.

Por otro lado se ha podido identificar en las reuniones de los ingenieros residentes, supervisores internos, capataces y operadores de equipo que el desperdicio de tiempo y utilización de recursos para las operaciones del proceso constructivo es por la mala programación de las obras.

La empresa DSF S.A.C. desea saber si el método de Líneas de balance (LDB) resuelta eficaz como procedimiento para la mejora de la eficiencia en el uso de recursos en las programaciones de las obras.

Se puede observar que las empresas constructoras realizan sus programaciones maestras con una abundante cantidad de tareas y con mucho detalle, usando generalmente la técnica Método de la Ruta Crítica (CPM), pero los mismos contratistas terminan aceptando que, al poco tiempo de iniciada la obra, su documento maestro inicial queda rápidamente desactualizado, por lo cual se ven en la necesidad de incurrir en re-procesos para sus constantes actualizaciones.

Realizado este estudio se comprobará si el método es capaz de facilitar la planificación de recursos, presentando una mejora en el proceso; lo cual a su vez permitirá ahorros en el costo y un menor riesgo en la programación, así como la permanencia en el sitio de las cuadrillas de trabajo y sobre todo manteniendo la calidad del mejor producto a ofrecer al cliente.

1.2 Formulación del Problema

¿De qué manera la planificación maestra aplicando el método de líneas de balance contribuye a la eficiencia de la programación de la obra “EDIFICIO MULTIFAMILIAR RESIDENCIAL PEDRO URRACA”- Trujillo?

1.3 Objetivos

Objetivo General:

- Demostrar a las empresas constructoras de la ciudad de Trujillo la importancia de la teoría del valor como medio que les permita ser más rentables.

Objetivos Específicos:

- Después de definir el objetivo general, se planteará los siguientes objetivos específicos para ir midiendo el avance de nuestra Tesis:
- Elaboración de una tabla de relación de las actividades que tienen mayor incidencia en el costo del sistema.
- Desarrollo de un gráfico de actividades que tienen mayor oportunidad de mejora, basado en el método líneas de balance.
- Diseñar esquemas y flujos de trabajo para optimizar la secuencia del proceso y confiabilidad de la jornada.
- Monitorear la eficiencia del sistema para detectar variaciones en el uso de recursos.
- Controlar la confiabilidad del sistema para detectar variaciones en el cumplimiento de las actividades.

- Calcular la productividad de las partidas programadas con líneas de balance.
- Analizar la muestra cuantitativa de los beneficios de utilizar las líneas de balance en una programación maestra.

1.4 Hipótesis

La planificación maestra aplicando el método de Líneas de Balance, contribuye de manera significativa en la programación de la obra “EDIFICIO MULTIFAMILIAR RESIDENCIAL PEDRO URRACA” - Trujillo.

1.4.1 Definición de las variables:

Variable Independiente: Variación de la aplicación del método de Líneas de balance.

Variable Dependiente: Mejora de la eficiencia en la programación de la obra “EDIFICIO MULTIFAMILIAR RESIDENCIAL PEDRO URRACA”- Trujillo.

1.4.2 Definiciones Conceptuales

- Proceso:
 1. m. Acción de seguir una serie de cosas que no tiene fin.

Reducir:

 1. tr. Volver algo al lugar donde antes estaba o al estado que tenía.
 2. tr. Disminuir o aminorar.
- Pérdida:
 1. f. Carencia, privación de lo que se poseía.
 2. f. Daño o menoscabo que se recibe en algo.

- Lookahead: Anticipar
- Variabilidad: Calidad de las cosas que tienden a cambiar o a transformarse
- Buffer: Es una actividad ficticia, asociada a una actividad real y con una duración determinada, que se añade en un punto concreto del cronograma del proyecto al objeto de tener en cuenta posibles desviaciones (temporales) de las actividades.
- Rendimiento: Es la proporción entre el resultado que se obtiene y los medios que se emplearon para alcanzar al mismo.
- CPM: (equivalente a la sigla en inglés Critical Path Method) es frecuentemente utilizado en el desarrollo y control de proyectos. El objetivo principal es determinar la duración de un proyecto, entendiendo éste como una secuencia de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de las actividades tiene una duración estimada
- PDM: El método PERT (Program Evaluation and Review Technique) es una metodología que a diferencia de CPM permite manejar la incertidumbre en el tiempo de término de las actividades.
- Abstracciones: el concepto abstracción está vinculado al verbo abstraer (separar las propiedades de un objeto a través de una operación mental, dejar de prestar atención al mundo sensible para centrarse en un pensamiento). La abstracción, por lo tanto, es alguna de estas acciones o sus efectos.

1.5 Marco Teórico

1.5.1 Reseña Historia

Para conocer los inicios de la Filosofía Lean nos remontaremos a los siglos XIX y XX, en esta época las empresas manufactureras y automotrices con el propósito de mejorar la producción de su compañía comenzaron a estudiar los procesos productivos y a reducir los desperdicios.

Frederick W. Taylor uno de los representantes más importantes de esta época quien innovó estudiando y difundiendo la administración científica del trabajo, y funda el movimiento conocido como “Administración Científica del Trabajo”, cuyo pensamiento se basa en la eliminación de las pérdidas de tiempo y dinero, mediante un método científico. Taylor afirmaba que "el principal objetivo de la administración debe ser asegurar el máximo de prosperidad, tanto para el empleador como para el empleado".

Este pensamiento fue denominado como “Taylorismo” donde se obtuvo la formalización del estudio de los tiempos y el establecimiento de estándares, a partir de los cuales Frank Gilbreth añade el desglose del trabajo en tiempos elementales. Gilbreth fue el fundador de la técnica moderna del estudio de movimientos, con la que se buscaba establecer la reducción del tiempo y la fatiga en una operación. De esta manera Taylor, Gilbreth y otros contemporáneos comenzaron con los primeros conceptos de eliminación de desperdicio de tiempo y el estudio de movimientos.

En cuanto a las empresas automotrices en 1910, Henry Ford, inventa la línea de montaje para el Ford T el cual era un producto estándar.

Alfred P. Sloan introduce a la empresa General Motors el concepto de diversidad en las líneas de montaje, mejorando así el sistema Ford.

En los años 30, los encargados de dirigir la empresa automotriz Toyota implementaron una serie de innovaciones en producción facilitando tanto la continuidad en el flujo de materiales como la flexibilidad de distintos productos a la hora de su fabricación. Después de la 2da Guerra Mundial, Toyota con sus ingenieros a cargo, Taiichi Ohno y Shingeo Shingo, vieron la necesidad de afianzar lo que implementaron en los años 30's, debido a la

necesidad de fabricar variedad de productos pero en pequeñas cantidades, de esta manera crean los conceptos de “just in time” (justo a tiempo), “waste reduction” (reducción de residuos), “pull system” los que con otras técnicas de puesta en flujo, crean el Toyota Production System (TPS).

De esta manera es como una nueva filosofía de producción surgió en Japón por los años 50, gracias al Ing. Taiichi Ohno. La aplicación de esta nueva filosofía se inició con la TOYOTA, en el sistema de producción de esta industria automovilística, pero hasta los años 80's la información de este nuevo pensamiento aún era limitado en el mundo occidental, a pesar de que aproximadamente en 1975 se iniciara la difusión de estas ideas en Europa y Norteamérica debido al cambio que se fue dando en las empresas automotrices. La nueva filosofía que aparece con el Ing. Taiichi Ohno, fue denominado de muchas formas por los años 90's, como la fabricación de clase mundial, producción flexible y nuevo sistema de producción. Pero las más usadas y conocidas son la de Lean Production o Toyota Production System (TPS).

En la misma época en Finlandia el profesor universitario Lauri Koskela usa de modelo el “Lean Production” y sistematiza los conceptos del mejoramiento continuo, just in time, etc. Creando una nueva filosofía de planificación de proyectos en la construcción, reformulando los conceptos tradicionales de planificación y control de obras. Esto es propuesto en su tesis de doctorado “Application of the New Production Philosophy to Construction”, 1992. Estudio que fue realizado durante su permanencia en CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) y financiado por el Technical Research Centre of Finland, the Federation of the Finnish Building Industry y la fundación Wihuri.

Así es como inicia esta nueva filosofía en la construcción denominada Lean Construction, gracias al profesor universitario Lauri Koskela y su tesis de doctorado, que dieron el inicio para más estudios y la posterior creación del Lean Construction Institute (agosto 1997).

1.5.2 Nueva Filosofía De Produccion: Lean Production

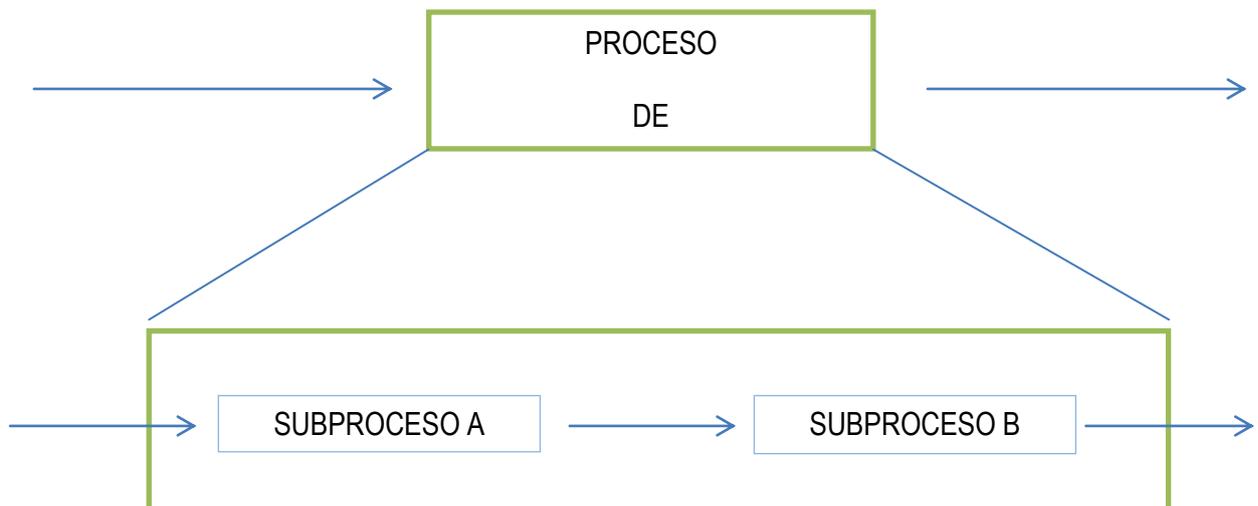
Antes de hablar de una nueva filosofía primero se debe conocer cuál fue la filosofía que se seguía básicamente en las empresas manufactureras en el siglo XIX, cuando las empresas se concentraban en solo un producto y no en la variedad y flexibilidad tal como lo hizo el Toyota Production System.

El modelo en el que se basa es el de conversión, y es este modelo el que se vino utilizando en el siglo XIX. En este modelo las características de producción fueron las siguientes:

1. El proceso de producción es la conversión de un INPUT en un OUTPUT, es decir que el material base que entra en un proceso sale de este convertido en un producto que es para venta al cliente.
2. El proceso de conversión puede ser subdividido en subprocesos, los cuales son también procesos de conversión.
3. El costo global del proceso puede ser disminuido si se minimiza el costo de cada subproceso.
4. El valor del producto final (output) está asociado con el valor de la materia que ingresa (input) a este proceso conversión.

Gráficamente se puede visualizar el modelo de conversión con el siguiente esquema:

Figura 5: Modelo de conversión usado en el siglo XIX



(Koskela, 1992)

Sin embargo este modelo tiene errores las cuales fueron señaladas mediante el Just in time y el Total Quality Management, las cuales las son mencionadas a continuación (*D. Miranda 2012*):

Observaciones del Just in time:

Al considerar todo como un ingreso y salida de materia que se transforma, no se está considerando el flujo entre las conversiones. Este flujo se refiere a movimientos, esperas, inspecciones, etc.

Estas actividades son aquellas que no aportan valor al producto final desde el punto de vista del consumidor, y por lo tanto el modelo de conversión según su concepción, no las está considerando o las considera todas como actividades de conversión, con lo que querría decir que tienen valor, lo cual no es así.

También dentro del modelo de conversión se debe considerar que para minimizar el costo total de la producción, se debe aminorar los costos en los subprocesos que generalmente se hacen con la implementación de nuevas tecnologías, pero con esto lo único que se está logrando es invertir en las actividades que al final no generan valor al producto que llega al cliente.

Por lo tanto lo que básicamente observa el Just in Time, es que se debe considerar el flujo en el proceso de producción, ya que en él se tiene actividades que aportan valor como aquellas que no aportan valor, y son las que debemos eliminar o disminuir.

Observaciones del Total Quality Management:

En este punto lo que se observa es que usando el modelo de conversión, no se toma en cuenta que los resultados de los subprocesos en su gran mayoría son variables, y se llega al momento en que uno de los subproductos no tiene las especificaciones necesarias o está fallado, por lo que es necesario corregirlo o descharlo.

Por lo que “casi un tercio de lo que hacemos consiste en rehacer el trabajo previamente hecho” (Juran 1988). Por ello en este punto se tiene desviaciones en la calidad que causan desperdicios y también producen interrupción del flujo.

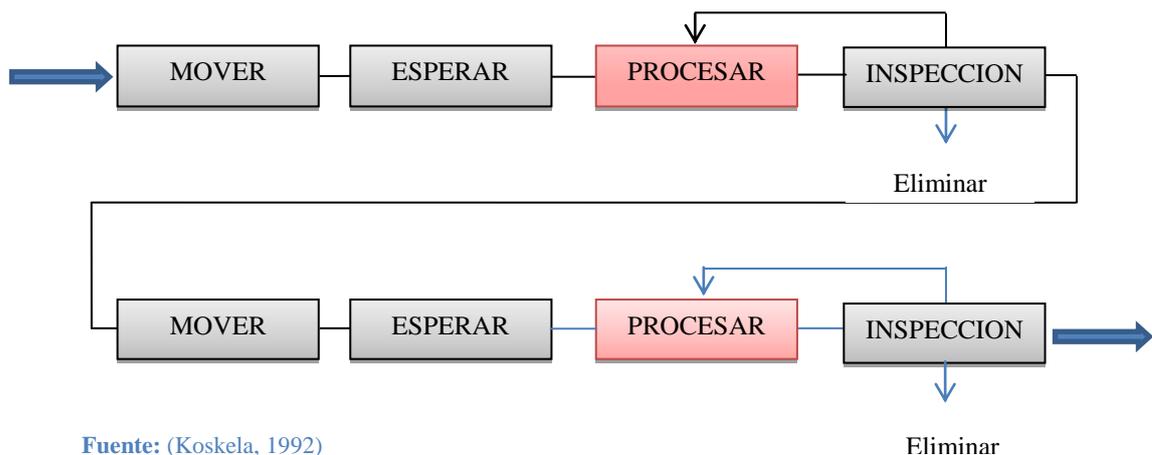
Según las observaciones realizadas, se deduce que el método de conversión no se notaba estas fallas cuando la producción se basaba en un solo producto, además que los procesos eran más sencillos y cortos. Mientras que con el correr de los años y al aplicarlo a industrias más complejas empezaron a notarse estas fallas.

De este modo da origen a una nueva filosofía que como se mencionó antes, se basó en el Toyota Production System, en el que ya se empezaron a corregir y a evitar estas fallas del modelo de conversión.

Los procesos son los que representa la conversión en la producción, mientras que las inspecciones, movimientos, esperas, etc. representan el flujo.

El nuevo esquema para este modelo es el siguiente:

Figura 6: Nuevo modelo de producción



Fuente: (Koskela, 1992)

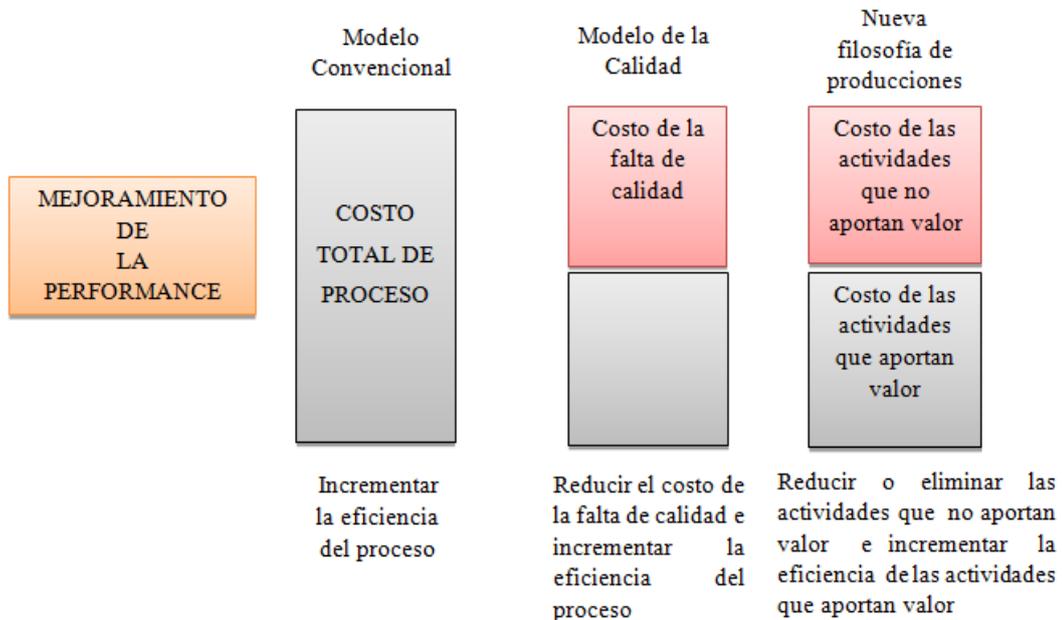
Por lo tanto para mejorar la producción se debe seguir los siguientes parámetros:

Las actividades de flujo (inspecciones, movimientos, esperas, etc.) deben ser reducidas o eliminadas.

Las actividades de conversión deben ser realizadas más eficientemente.

Esto último se puede visualizar en el siguiente esquema comparativo de ambos modelos:

Figura 7: Nuevo modelo de producción



Fuente: (Koskela, 1992)

De esta manera para llegar a controlar los procesos en una industria, se tienen las siguientes bases de esta nueva filosofía denominada Lean Production (Max T. Rossi 2008):

1. **Reducir** la porción de actividades que no aportan valor. (Valor: se refiere a la satisfacción de los requerimientos del cliente).
2. **Incrementar** el valor del output (output: es el producto final o el producto resultante entre una fase y otra dentro del flujo de producción) a través de consideraciones sistemáticas de los requerimientos del consumidor.
3. **Reducir** la variabilidad.
4. **Reducir** el tiempo del ciclo (tiempo de ciclo: suma de tiempos de flujo y conversión que son necesarios para producir un lote de producción).
5. **Simplificar procesos**, es la reducción de los componentes (partes) o números de pasos para realizar un producto. Simplificar los procesos es mejorar el flujo.

6. **Incrementar** la flexibilidad del output.
7. **Incrementar** la transparencia del proceso. Procesos más simples son más transparentes, lo cual facilita el control y el mejoramiento.
8. **Enfocar** el control en la totalidad del proceso.
9. **Aplicar** un mejoramiento continuo en el proceso. (Principio basado en el “kaisen”).
10. **Balancear** el mejoramiento del flujo con el mejoramiento de la conversión.
11. **Benchmarking.** Por todo lo expuesto esta nueva filosofía lleva el nombre de Lean que quiere decir o dar a entender: esbeltez, flexibilidad. Es decir una producción esbelta, que se enfoca en crear actividades de valor agregado para el cliente, la identificación y eliminación del desperdicio o waste (en inglés) y la mejora continua para aumentar la productividad.

1.5.3 Lean Construction

Esta nueva filosofía es una respuesta ante la necesidad de suplir las carencias que se tienen en la construcción en cuanto a productividad, seguridad y calidad. Esto debido a que si se compara la productividad de la construcción con la de una industria, la diferencia es notable ya que la última es superior porque los procesos que se manejan en las industrias son optimizados mientras que en la construcción poco o nada se analiza para ser optimizado. En cuanto a la seguridad en la construcción, es conocido que es muy baja ya que generalmente no se considera como un punto importante al ejecutar en muchas de las obras que se ve a diario, por el simple hecho que se cree que se está generando mayores gastos y uso de recursos en cuanto a los implementos y sistemas de seguridad. Y finalmente respecto a la calidad, obviamente que se podría mejorar mucho más de lo que se hace hoy en día, sobretodo porque aparecen nuevas exigencias que se tienen que cumplir con un buen estándar de calidad. La filosofía Lean Construction ayuda a mejorar el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre actividades. (D. Miranda 2012).

La Filosofía Lean Construction como tal se logra concretizar en base al sistema Last Planner, logrando así tomar todos los nuevos conocimientos y

pensamientos de las empresas manufactureras a las de construcción, esto gracias a los iniciadores de esta nueva filosofía en la construcción: Laurin Koskela y Glend Ballard.

Presentando a continuación los principios de la nueva filosofía para el diseño de procesos de flujo en la construcción y su mejoramiento.

Se debe notar que la mayor parte de los principios de la nueva filosofía de producción provienen de un principio central. Unos son más fundamentales que otros, pero es importante que se note que el origen de estos principios es muy reciente, por supuesto que su conocimiento crecerá y serán sistematizados muy rápidamente.

✓ **Reducir las actividades que no agregan valor. (Pérdidas)**

Reducir la parte de actividades que no agregan valor es una pauta fundamental. La experiencia muestra que las actividades que no agregan valor dominan la mayor parte de los procesos; por lo general sólo el 3 al 20 % de pasos añaden valor (Ciampa 1991), y su parte de tiempo del ciclo total es insignificante, de 0.5 al 5 % (Stalk & Hout 1990). ¿Por qué están allí las actividades que no agregan valor en primer lugar? Parecen haber tres causas de origen: el diseño, la ignorancia y la naturaleza inherente de producción en la construcción.

Para la aplicación de este principio se debe realizar un diagrama de flujo de lo que se está haciendo actualmente, luego analizar y evaluar para mejorar este diagrama pensando en los flujos, luego realizar entrenamiento del personal para aplicar el sistema mejorado y seguirlo mejorando en busca del óptimo.

✓ **Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.**

Este es otro principio fundamental. El valor se genera por la realización de exigencias del cliente, no como un mérito inherente de conversión. Para cada actividad hay dos tipos de clientes, el cliente interno y el cliente externo o

final. Como esto parece evidente, otra vez se tiene que preguntar por qué las exigencias de cliente no han sido consideradas.

El fundamento práctico de este principio es realizar un diseño de flujo sistemático, donde los clientes sean definidos para cada etapa, por ejemplo cuando se planifica las tareas semanales, y analizadas sus exigencias, los planes de corto plazo o intermedios, deben ser mejorados en su diseño. El sistema del Ultimo Planificador propone mejores planes intermedios o Lookahead, en donde los clientes internos o sea las actividades siguientes, son planificados a través de una consideración sistemática de sus requerimientos.

✓ **Reducir la variabilidad**

Todos los procesos de producción son variables. Existen dos motivos para reducir la variabilidad del proceso. Primero, del punto de vista del cliente un producto uniforme siempre es mejor. Taguchi propone que cualquier desviación de un valor objetivo en el producto causa una pérdida al cliente interno y al externo (Bendell, 1989).

En segundo lugar, la variabilidad, especialmente de la duración de alguna actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor. Esto puede ser demostrado por la teoría de colas que la variabilidad aumenta el tiempo del ciclo del proceso (Krupka 1992, Hopp 1990).

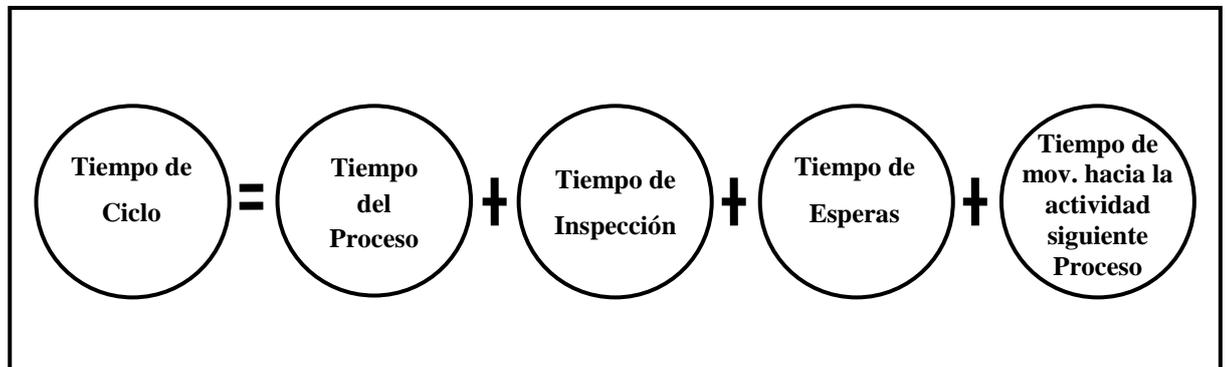
Recordando que la desviación de lo planificado representa lo que se ha pasado a denominar "variabilidad" y ausencia de ésta se traduce en una planificación confiable. Se demostrará más adelante, con la aplicación del sistema del Ultimo Planificador, que generando planificaciones más confiables, se reduce considerablemente la variabilidad.

✓ **Reducir el tiempo del ciclo**

El tiempo es una medida natural para los procesos de flujo. Este entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos. (Krupka 1992).

Un flujo de producción puede ser caracterizado por el tiempo del ciclo, que se refiere al tiempo requerido para que un material atraviese parte del flujo. El tiempo de un ciclo puede ser representado en la siguiente figura:

Figura 8: Tiempo de ciclo



Fuente: (Krupka, 1992)

Un principio básico de la nueva filosofía de producción es la compresión de los tiempos de ciclo, que obliga a la reducción de inspecciones, movimientos y esperas. En suma, los esfuerzos por eliminar las pérdidas y la compresión del tiempo total del ciclo podrían producir las siguientes ventajas (Schmenner 1988, Hopp & al. 1990):

- Cumplimientos de las fechas planificadas.
- Reducir la necesidad de hacer pronósticos sobre la Demanda futura.
- Se disminuye la interrupción del proceso de producción debido a un cambio de órdenes.

La gestión resulta más fácil porque hay menos requerimientos del cliente.

✓ **Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y la necesidad de conciliar información y uniones**

Si no intervienen otros factores, la complejidad misma de un producto o del proceso aumentan los costos más allá de la suma de los costos de sus partes individuales o pasos. Otro problema fundamental de complejidad es la fiabilidad: sistemas complejos son naturalmente menos confiables que sistemas más simples.

Simplemente puede entenderse como:

- Reducir la cantidad de componentes de un producto.
- Reducir la cantidad de pasos en el flujo de información o de materiales.

La división vertical y horizontal de trabajo siempre causa actividades que no agregan valor, que pueden ser eliminadas por unidades independientes (equipos multidisciplinarios y autónomos). Esfuerzos prácticos hacia la simplificación incluyen:

- Acortamiento de los flujos por la consolidación de actividades repetitivas. Se debe evaluar constantemente la calidad y el grado de aprendizaje de la mano de obra mediante sistemas de calificación del personal a corto plazo.
- Reducir la cantidad de partes del producto mediante cambios de diseño o partes prefabricadas.
- Estandarizar ciertas partes, materiales, herramientas, etc.
- Reducir al mínimo la cantidad necesaria de información para el control por una cantidad excesiva de índices de productividad medidos.

✓ **Incrementar la transparencia en los procesos.**

A la vista de la gente un proceso en sus métodos y procedimientos, es transparente. La carencia de transparencia del proceso aumenta la propensión a errar, reduce la visibilidad de errores, y disminuye la motivación para mejorar. Así, el objetivo es tratar de hacer la producción más transparente para facilitar el Control y el mejoramiento para: “hacer que el flujo principal de operaciones de principio a fin, sean más visibles y comprensibles para todos los involucrados” (Stalk & Hout 1989).

✓ **Enfocar el Control del proceso al proceso completo**

Todo proceso de construcción pasa por diferentes unidades de producción en una organización, en donde cada supervisor del proceso entrega su visión de cómo deben ser hechas las cosas, ocasionando incertidumbre en los trabajadores. Los compromisos en la planificación solucionan en parte el control del proceso completo. El sistema del Ultimo Planificador es el encargado de generar estos compromisos mediante reuniones de planificación periódicas.

Hay al menos dos requisitos previos para el Control enfocado sobre el proceso completo.

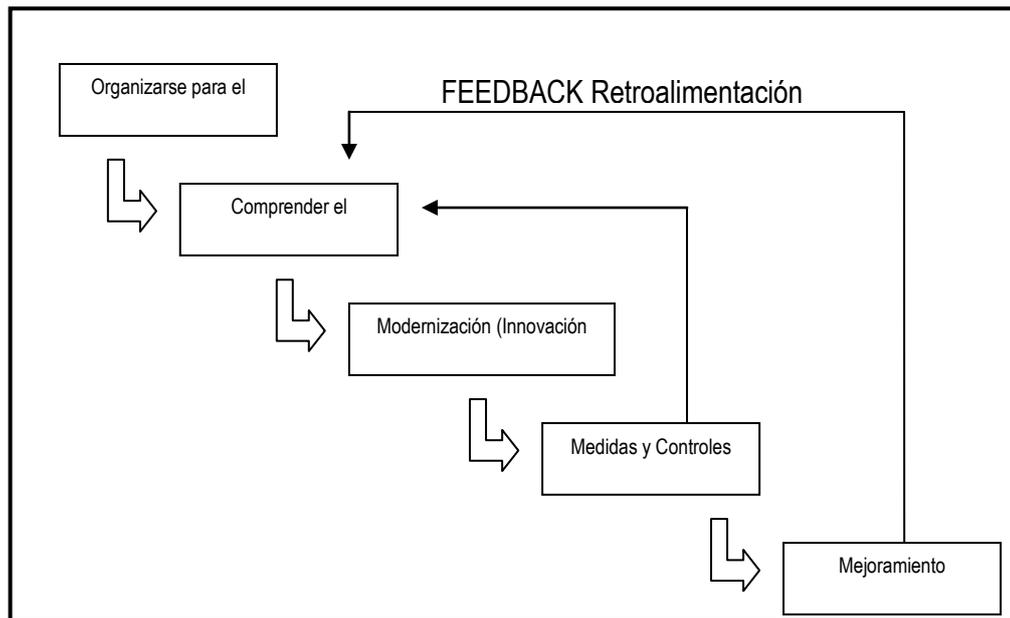
Primero, el proceso completo debe ser medido. En segundo lugar, debe haber una autoridad de control para el proceso completo. Varias alternativas son usadas en la actualidad. En organizaciones jerárquicas, se toman soluciones más radicales de dejar a equipos auto-dirigidos en el control de sus procesos (Stewart 1992).

Para enfocar el control al proceso completo es fundamental elegir los proveedores y subcontratistas de acuerdo con el compromiso con la obra completa y no sólo con el pedido individual.

✓ **Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.**

El esfuerzo de reducción de pérdidas y aumento del valor en la gestión de los procesos tiene carácter incremental, interno a la organización, que debe ser conducida por un grupo especial responsable. Este principio está basado en el Kaizen, filosofía japonesa del Mejoramiento Continuo en general (no sólo de los procesos) sino de toda la cadena de valor. La figura, presenta un esquema simplificado del proceso de mejora continua.

Figura 9: Proceso de mejoramiento continuo en cualquier proceso productivo.



El trabajo en equipo y la gestión participativa se constituye en los requisitos esenciales para la introducción de las mejoras continuas en los procesos. Estandarización de los procedimientos, de forma de consolidar las buenas prácticas constructivas y servir de referencia para futuras mejoras. La creación de una metodología de identificación de las causas de problemas es la base para comenzar la estandarización de los procesos. El análisis de las causas de no cumplimiento de la planificación apunta a conseguir el mejoramiento de los procesos.

✓ **Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking).**

A diferencia de la tecnología para conversiones, el mejor proceso de flujo no está referenciado; se tiene que encontrar en algún proceso de clase mundial. A menudo el Benchmarking es un estímulo útil para alcanzar la brecha de mejoramiento. Esto ayuda a vencer viejas rutinas inculcadas y las malas prácticas. Mediante ello, defectos fundamentales lógicos en los procesos pueden ser desenterrados.

Los pasos básicos del Benchmarking son los siguientes (*Camp 1989*):

- Saber del proceso; evaluación de las fuerzas y las debilidades de los subprocesos.
- Saber acerca de los líderes de la industria o competidores; encontrar, entender y comparar las prácticas de los mejores.
- Incorporar a las prácticas convencionales lo mejor; copiar, modificar o incorporar en sus propios procesos.
- Ganar y adelantarse a través de la combinación de las fuerzas existentes y lo mejor de las prácticas referenciadas.

Una metodología detallada para el Benchmarking ha sido presentada extensamente por Robert Camp (1989).

1.5.4 Líneas de Balance

La industria de la construcción a nivel mundial ha utilizado principalmente como técnica de programación el Método de la Ruta Crítica (CPM) para planear y administrar la mayoría de sus proyectos. Sin embargo, esta técnica tiene varios inconvenientes al aplicarse a proyectos de tipo repetitivo, tales como carreteras, edificios de oficinas, o desarrollos de vivienda de interés social; los cuales pueden considerarse como procesos de fabricación continua de muchas unidades iguales, en el que se requiere un cierto periodo de tiempo para terminar cada unidad. Por otra parte, existen suficientes evidencias que indican que el método de la Línea de Balance – LDB (*Line of Balance*, - LOB) es la técnica de programación más adecuada para este tipo de proyectos, tal como lo demuestran no sólo investigadores sino, principalmente, casos de éxito de empresas constructoras. En este trabajo se presentan los conceptos básicos en que se fundamenta la técnica de programación denominada Línea de Balance, ejemplos de aplicación de la misma, ventajas y desventajas respecto al CPM y un par de propuestas de automatización de esta técnica con el apoyo de la informática. También, se

presenta un breve análisis crítico de por qué la industria de la construcción ha sido poco receptiva a ella y sumamente lenta en adoptarla.

El método de la Línea de Balance fue desarrollado por un grupo de trabajo encabezado por George E. Fouch durante la década de 1940, para monitorear la producción en la Goodyear Tire & Rubber Company durante la segunda guerra mundial. También fue utilizado exitosamente para programar la gigantesca movilización de la Marina de los Estados Unidos de Norteamérica durante ese conflicto bélico, y posteriormente en la guerra de Corea. A partir de entonces ha tenido un sinnúmero de aplicaciones en la industria de la construcción, siendo las primeras experiencias documentadas las siguientes: en 1968 Lumsden modifica la técnica y la aplica a la programación de viviendas; en 1970 Khisty utiliza LDB en el sentido clásico de un proceso de manufactura, tales como el entrenamiento de una gran cantidad de supervisores de obra, la producción y el suministro de trabes de concreto precolado y trabajos de ampliación y reparación de un puerto.

Desde el punto de vista de la investigación, la técnica LDB ha sido objeto de numerosos estudios, la gran mayoría de ellos a favor de la misma, principalmente por la sencillez de los principios en que se basa y por las múltiples ventajas que implica su utilización. Algunos de estos estudios, y sus resultados o propuestas, son los siguientes: Carr y Meyer (1974) se apoyan en el trabajo realizado por Khisty para encontrar las cantidades de recursos necesarios en la LDB en cualquier momento en el transcurso del proyecto; O'Brien (1975 y 1984) concluyó que los edificios de tipo repetitivo se programan mejor con la LDB; en 1986, Ardity y Albulak describieron un experimento con la LDB programando un proyecto de construcción de una carretera. Utilizando 1 Km de carretera como la unidad, desarrollaron un programa de obra en la LDB que les permitió acelerar el ritmo de trabajo original del proyecto; Al Sarraj, en 1990, presenta un desarrollo formal de la Línea de Balance. En las dos últimas décadas (1990-2010) se han publicado los resultados de un gran número de proyectos de investigación, entre los que destacan los realizados por Ardity y Albulak (1986), Ardity y Psarros (1987), Ardity et al. (1999), Ardity et al. (2002), Hafez (2004), Harris y Ioannou (1998), Jongeling y Olofsson (2007), Kenley (2004), Lutz y Halpin (1992),

Lutz et al. (1994), Moselhi y El-Rayes (1993), Nageeb y Johnson (2007) y Spencer y Lewis (2005), la gran mayoría de ellos basados en proyectos reales de construcción.

La línea de Balance y su Relación con otras Técnicas de Programación

Existe hoy en día una variedad extensa de herramientas que permiten incrementar la probabilidad de tomar mejores decisiones en cualquier organización; algunas de estas herramientas son las técnicas de planeación y control conocidas como CPM (Método de la Ruta Crítica), PDM (Método de Diagramas de Precedencias), PERT (Técnica de Programación, Evaluación y Revisión) y LDB (Método de Línea de Balance). El CPM, el PDM y el PERT fueron diseñados para proporcionar diversos elementos útiles de información del proyecto en cuestión. Con estas técnicas se determina la ruta crítica del proyecto; esto es, las actividades que delimitan la duración del proyecto. Para lograr que el proyecto se realice a tiempo, las actividades de la ruta crítica deben realizarse a tiempo; si alguna actividad de la ruta crítica se atrasa, el proyecto, como un todo, se atrasa en la misma cantidad de tiempo. Por otra parte, las actividades que no están en la ruta crítica tienen cierta cantidad de holgura; es decir, pueden empezarse más tarde y permitir que el proyecto como un todo se mantenga dentro del programa. Estas técnicas de programación identifican tales actividades y la cantidad de tiempo disponible de holguras y monitorean y controlan el avance del proyecto. Cada actividad tiene su propio papel en el proyecto y su importancia en la terminación de éste se manifiesta inmediatamente. Las actividades de la ruta crítica permiten, por consiguiente, recibir la mayor atención, debido a que la terminación del proyecto depende fuertemente de ellas. La diferencia principal entre utilizar el CPM o PDM y el PERT es la manera en que se realizan los estimados de las duraciones de las actividades, ya que el PERT utiliza un enfoque probabilístico. La distribución de la duración que supone el PERT para cualquier actividad se define por tres estimados:

- a) El estimado de la duración más probable, m.
- b) El estimado de la duración más optimista, a.
- c) El estimado de la duración más pesimista, b.

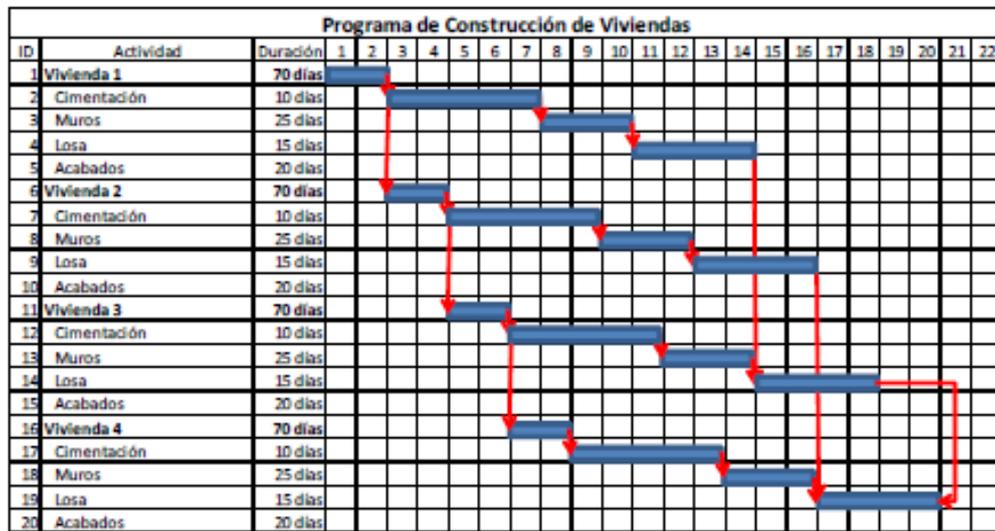
El tiempo esperado de finalización del proyecto es la suma ponderada de todas las duraciones esperadas de las actividades de la ruta crítica. En CPM y PDM solamente se requiere un estimado de la duración de las actividades. Todos los cálculos se hacen con la suposición de que las duraciones de las actividades se conocen; o sea, se aplica un enfoque determinista. A medida que el proyecto avanza, estas duraciones se utilizan para monitorear y controlar el progreso del mismo. Si ocurre alguna demora en el proyecto, se hacen esfuerzos para lograr que el proyecto quede de nuevo dentro del programa cambiando la asignación de recursos. Para aplicar CPM, PDM o PERT a un proyecto, se requiere comprender completamente la estructura y requisitos del mismo. Sin embargo, en muchos casos las limitaciones en la mano de obra y equipos hacen que la programación con estas técnicas sea difícil o que demanden una gran cantidad de tiempo para su realización. La construcción de carreteras, desarrollos habitacionales, puentes y otros proyectos de construcción similares están caracterizados por operaciones repetitivas. Las técnicas de programación lineal son consideradas como las más adecuadas para el manejo de dicho tipo de proyectos de construcción. El método de la Línea de Balance utiliza las ventajas de CPM, PDM y PERT y no los reemplaza; cabe mencionar que la construcción de unidades repetitivas puede ser considerada como la producción continua de muchas unidades que requieren de cierto tiempo para que cada una de ellas sea completada.

Representación gráfica con el método de la línea de balance

La Línea de Balance es una técnica de programación que permite mostrar el trabajo que se realiza en un proyecto de construcción como una sola línea, o barra, en una gráfica, en vez de una serie de actividades como se haría en un diagrama de barras, resultante de CPM, PDM o PERT. Un proyecto típico podría ser uno de vivienda consistente en varias unidades que requieren el

mismo tipo de trabajo, tal como cimentación, muros de block, techos de concreto y acabados e instalaciones. Si estas actividades fuesen programadas con CPM, PDM o PERT, el correspondiente diagrama de barras sería como el que se muestra en la Figura 10.

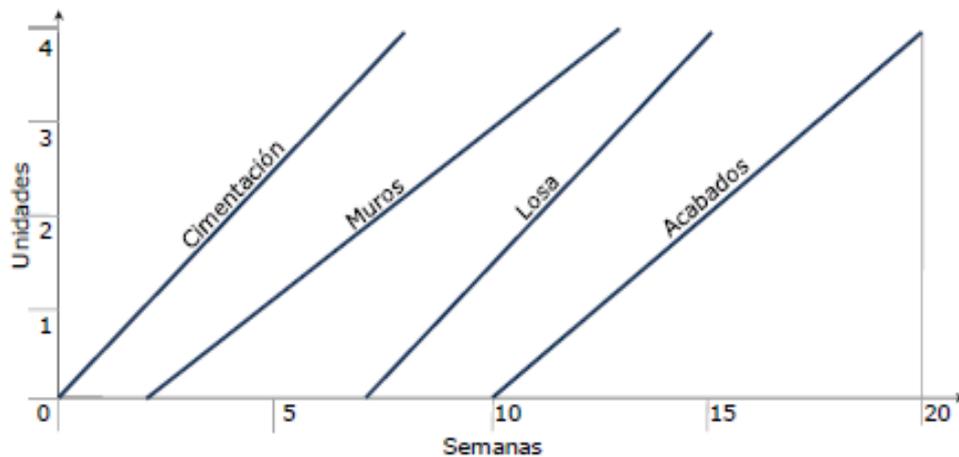
Figura 10: Programa de Vivienda de CPM, PDM o PERT.



Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

Ahora bien, si el mismo proyecto se programa con la técnica de Línea de Balance, éste se vería como se muestra en la Figura 11

Figura 11: Programa de Vivienda de con la línea de balance



Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

Tal como se puede observar, la diferencia entre las dos gráficas anteriores es muy significativa, pues en la de la LDB se puede consolidar un grupo de actividades similares en una sola línea y, por consecuencia, representar un gran número de actividades comunes en un documento mucho más sencillo y pequeño a la vez.

A diferencia de un diagrama de barras (resultante de CPM, PDM o PERT), que muestra la duración de una actividad particular, una gráfica de LDB muestra el “ritmo” de trabajo al cual deben ser realizadas todas las actividades que conforman el proyecto para concluirlo de acuerdo a lo programado, la relación de un grupo de actividades con respecto al grupo subsecuente y, si un grupo está atrasado, el impacto de éste sobre el grupo posterior. En este sentido, una gráfica de LDB no muestra relaciones directas entre actividades individuales; muestra una relación de resultados entre las diferentes operaciones y cómo cada operación debe ser completada a un ritmo particular para que la subsecuente proceda al ritmo requerido.

En la Figura 11 el eje “x” representa el tiempo y el eje “y” el número de unidades. Sin embargo, en la LDB se pueden representar unidades de trabajo tales como metros lineales, m² y m³, o inclusive las tres al mismo tiempo en el eje “y”, cada una para una operación diferente. A este respecto, la excavación podría ser graficada mostrando la cantidad de suelo por excavar en cada día, las zapatas podrían graficarse mostrando el número de ellas que debieran colarse cada día, el concreto de la losa podría representarse indicando el número de colados que debieran completarse cada semana, y así de manera similar las demás actividades. Inclusive, las actividades de instalaciones mecánicas y eléctricas pueden ser representadas en una gráfica de la LDB, mostrando el número de metros de ductería y metros de cable por colocar, ya sea por día o por semana.

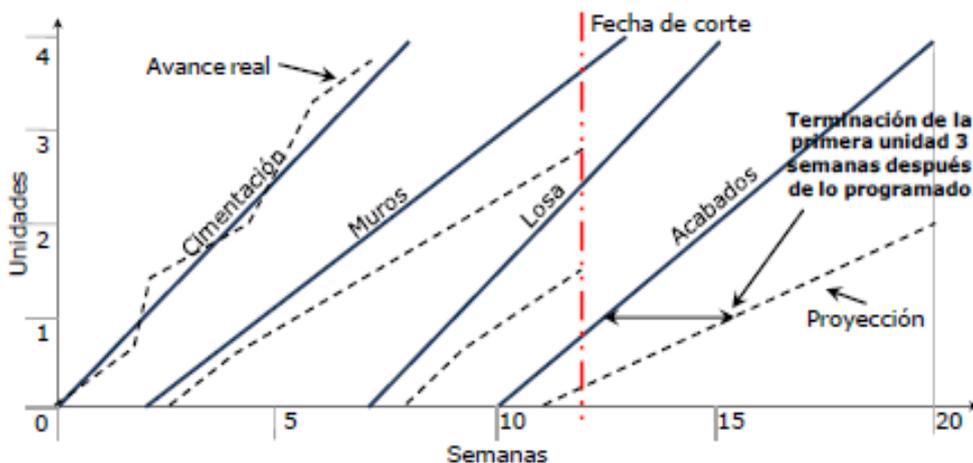
La gráfica de la LDB en la Figura 11 muestra la situación ideal de un proyecto en cuanto a que todas las operaciones tienen un ritmo de trabajo uniforme y constante. Esto, por lo general, significa que los recursos requeridos serán también constantes, siendo éste el escenario ideal. Es mucho

más fácil administrar las diferentes operaciones de un proyecto donde el ritmo de trabajo es uniforme y se tiene un nivel estable de recursos.

La gráfica de la LDB también sirve para mostrar el avance real del proyecto. El ritmo de trabajo planeado de las diferentes operaciones puede ser contrastado contra sus respectivos avances reales. La fecha probable de terminación puede ser extrapolada basándose en el ritmo real de trabajo. Si el ritmo real de trabajo es menor que lo requerido, se pueden realizar los ajustes necesarios para incrementar el nivel de producción. Por ejemplo, en la Figura 12 se muestra la gráfica de la LDB actualizada al término de la semana 12 del proyecto. Se puede ver que la Cimentación está dentro de programa y casi concluida pero los Muros y la Losa están retrasados. Los Acabados todavía no inician, pero el ritmo de trabajo esperado ya ha sido graficado y, por extrapolación, se ve que la primera unidad será completada tres semanas tarde.

Esta demora puede corregirse incrementando los ritmos de producción de los Muros, la Losa y los Acabados, ya sea tomando medidas para incrementar la eficiencia o incrementando los recursos necesarios a aquella operación donde no se está logrando la producción esperada.

Figura 12: Programa actualizado de Vivienda con la línea de Balance

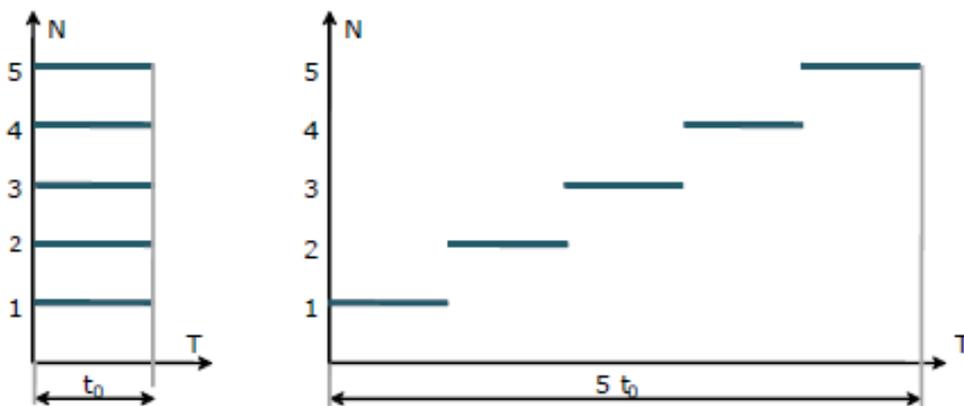


Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

Conceptos básicos del método de la línea de balance

Suponiendo un proyecto de construcción constituido por cinco unidades iguales, que podrían ser viviendas, kilómetros de carretera, o los niveles de un edificio. Si se considera que cada unidad tiene una duración t_0 , entonces la duración total mínima del proyecto podría ser t_0 y la duración total máxima podría ser $5t_0$ (Figura 13).

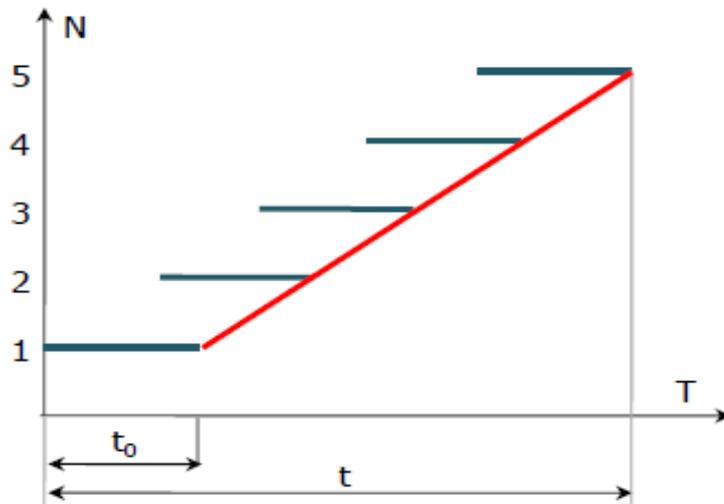
Figura 13: Duraciones mínimas y máximas de un proyecto



Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

La realidad es que ninguna de las condiciones anteriores es factible para propósitos prácticos. Para la primera existirán un sinnúmero de restricciones técnicas (disponibilidad de suministros, mano de obra, equipos, etc.) y administrativas (logísticas y financieras) que impedirían la construcción de todas las unidades de manera simultánea. Para la segunda, los clientes difícilmente estarían dispuestos a esperar tiempos de ejecución tan prolongados, pues siempre aspiran a contar con su obra lo más pronto posible para recuperar su inversión; esto aunado a los costos financieros que implica el tener un proyecto de larga duración. Entonces, la condición más realista es la que se muestra en la Figura 14.

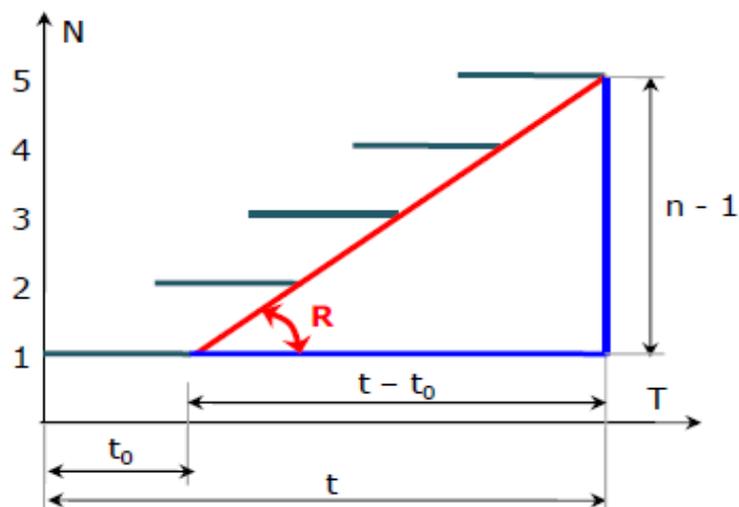
Figura 14: Duración realista de un proyecto



Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

En la figura anterior se puede ver claramente que el "ritmo" de trabajo, o rendimiento, del proyecto en cuestión se puede determinar fácilmente, ya que corresponde a la pendiente de la línea que une las terminaciones de la primera y la última unidad. Para propósitos ilustrativos y mayor claridad, esta relación se presenta en la Figura 15 y corresponde a la ecuación $R = (n - 1) / (t - t_0)$.

Figura 15: Determinación del ritmo de trabajo "R"



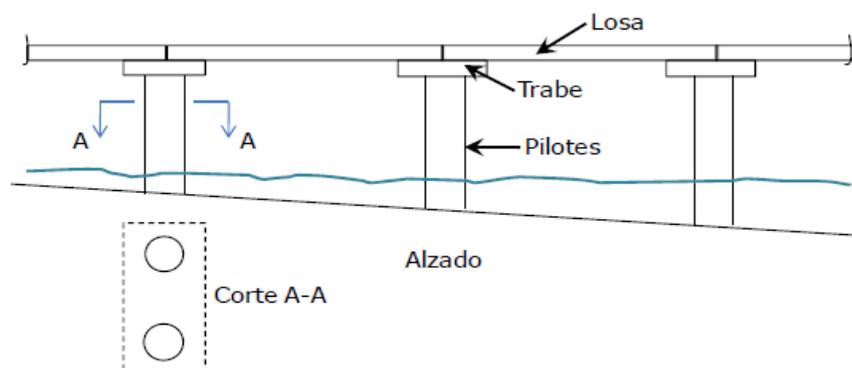
Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

Es importante reconocer que para que el ritmo de trabajo R se cumpla, se deberá contar con todos los recursos necesarios. Ahora bien, esta condición también es premisa necesaria para cualquier otra técnica de programación, sea ésta CPM, PDM, PERT, o cualquiera otra. Generalmente, cuando se realiza la programación inicial de un proyecto de construcción, independientemente de la técnica usada, se considera que se cuenta con recursos ilimitados, y posteriormente se realiza la redistribución o “balanceo” de recursos.

Análisis de una Grafica de líneas de balance.

Antes de plantear las fórmulas y aplicación de la LDB, se considera importante analizar cómo afecta la disponibilidad de recursos en un proyecto de construcción y cómo esto a su vez se refleja en la gráfica de la LDB. Para ello se supone un ejemplo sencillo como lo es la construcción de un pequeño muelle. Éste consiste en tres operaciones: 1) hincado de pilotes, 2) colocación de traveses y 3) colocación de la plataforma de rodamiento o losa. El muelle consta de 10 tramos (Figura 16).

Figura 16: Esquema del muelle

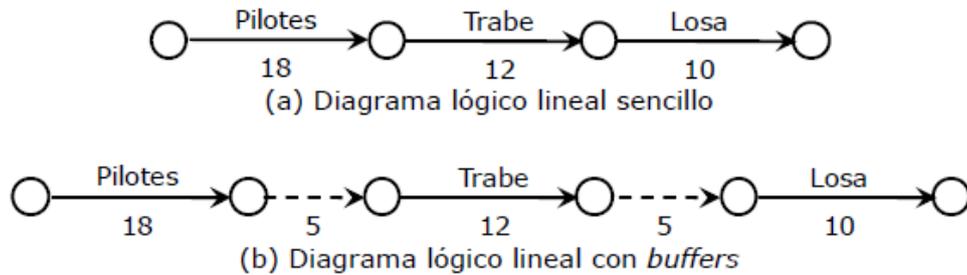


Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

La interrelación de estas tres operaciones se muestra en un sencillo diagrama lógico (red de actividades), como se muestra en la Figura 17(a). Para facilitar cualquier margen de error en cuanto al plazo para finalizar cada operación,

normalmente se coloca una “holgura o espera condicionada” (*buffer*, en inglés) entre una operación y otra, como se muestra en la Figura 17(b).

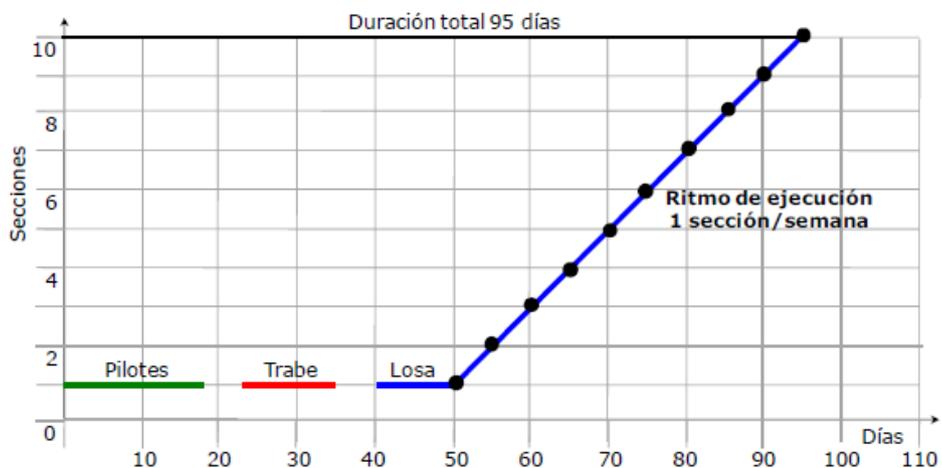
Figura 17: Red de actividades



Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

De la Figura 18 resulta evidente que se necesitan un total de 50 días para completar una secuencia de operaciones. El objetivo en cuanto al ritmo de trabajo se puede expresar basándose en el ritmo de realización de las secuencias. Por ejemplo, podría ser que el muelle se completara en 100 días, o 20 semanas suponiendo que se trabajan 5 días a la semana. De esta forma, si el objetivo fuera completar una sección por semana, se tardaría 19 semanas para ejecutar las 10 secciones, como se muestra en la Figura 18.

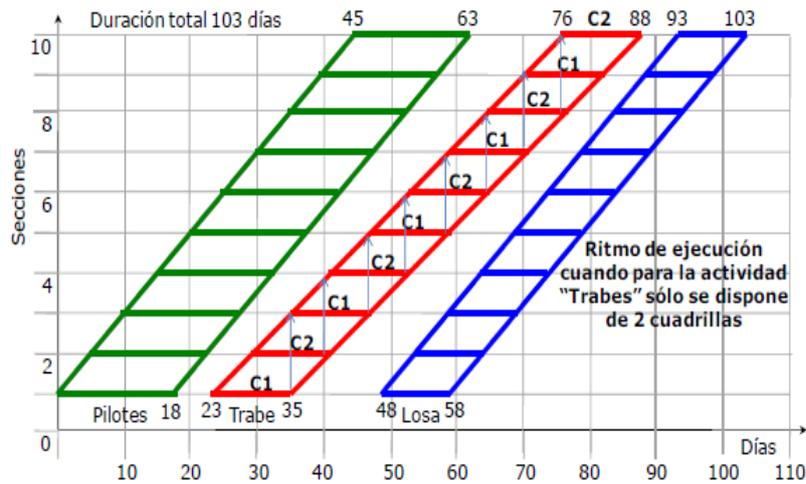
Figura 18: Plazo de ejecución de 10 secuencias repetitivas a un ritmo de una por semana



Las gráficas presentadas hasta ahora ilustran el resultado de programar una obra con la LDB, siempre y cuando se disponga de suficientes recursos para mantener el ritmo de trabajo R establecido, de una sección cada semana. La realidad, sin embargo, es diferente. Generalmente se tiene que competir para contar con un mínimo de recursos. Suponiendo que en el proyecto anterior la actividad “Trabes” requiere de una cuadrilla de seis trabajadores para construir una trabe en 12 días y que sólo se dispone de 2 cuadrillas. ¿Cómo afectaría esta limitación a la duración total del proyecto? Veamos que sucede con la interacción de las actividades.

En la Figura 18 se aprecia qué sucede al contar con sólo 2 cuadrillas, C1 y C2, para la actividad Trabes. La primera ejecuta las secciones impares y la segunda las pares. Se observa que la cuadrilla C1 no puede pasar a la sección 3 sino hasta después de concluir la 1, es decir hasta después del día 35, en vez del día 33 como estaba originalmente programado, por lo que el *buffer* aumenta de 5 a 7 días (+ 2 días). De manera similar ocurre con la cuadrilla C2 al pasar de la sección 2 a la 4. Al avanzar la ejecución del proyecto, también se observa que la sección 5, no puede iniciar sino hasta después del día 47, en vez del día 43; el *buffer* aumenta ahora de 5 a 9 días (+4 días). En síntesis, la actividad Trabes demora su terminación en 8 días debido a la restricción de cuadrillas asignadas a ella. Por otra parte, la sección 10 de la actividad Losa también debe cumplir con la restricción de tener un *buffer* de 5 días luego de concluida la sección 10 de la actividad Trabes; es decir, la última sección de la actividad Losa inicia el día 93 y concluye el día 103, que es a su vez la duración total del proyecto. Para calcular el “ritmo de trabajo real” (r), utilizamos los valores de la Figura 15 en la ecuación $r = (n - 1) / (t - t_0)$, es decir $r = (10 - 1) / (88 - 35) = 0.17$ Trabe/día ó 0.85 Trabe/semana, que es menor a lo programado de una sección por semana.

Figura 19: Gráfica de la Línea de Balance cuando sólo se dispone de 2 cuadrillas para la actividad “Trabes”

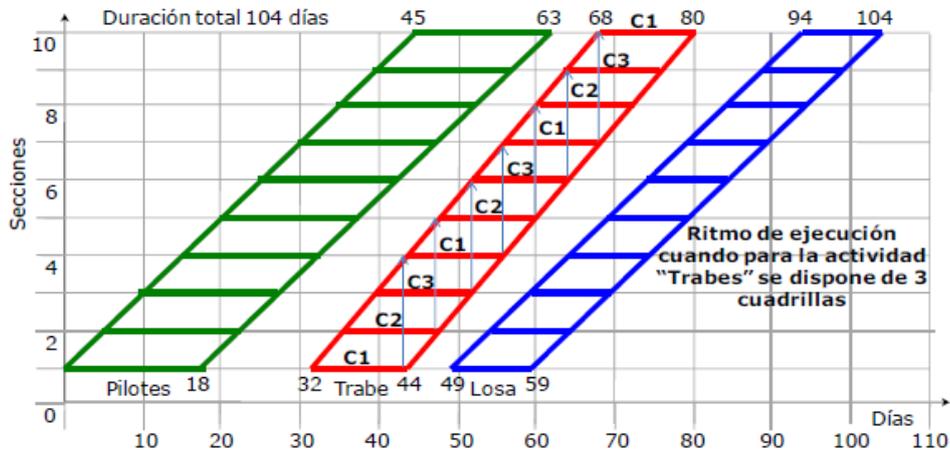


Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

Suponiendo ahora que se puede disponer de una tercera cuadrilla, C3, para la actividad Trabes y que se quiere emplear a ésta y a las otras dos, C1 y C2, de manera eficiente; es decir, estarán todo el tiempo ocupadas. El resultado de tal condición se muestra en la Figura 19. Al contar con 3 cuadrillas, C1, C2 y C3, la primera ejecuta cuatro secciones: 1, 4, 7 y 10, mientras que C2 y C3 sólo realizan tres cada una de ellas; C2 ejecuta las secciones 2, 5 y 8 y C3 las secciones 3, 6 y 9. Se observa que la cuadrilla C1 pasa de la sección 1 a la 4 sin interrupción alguna, como igualmente sucede para las secciones restantes que le corresponden. Observe también el lector que el inicio de la primera sección de la actividad Trabes ahora tiene un *buffer* de 14 días en vez del programado de 5 y que el *buffer* entre las secciones 10 de las actividades Pilotes y Trabes permanece de 5 días. Resulta paradójico que al disponer de mayores recursos la duración total del proyecto ahora es de 104 días, en virtud de la demora que ahora tiene el inicio de la actividad Trabes.

Para calcular el “ritmo de trabajo real” (r) en la actividad Trabes se utilizan los valores de la Figura 15 en la ecuación $r = (n - 1) / (t - t_0)$; es decir, $r = (10 - 1) / (80 - 44) = 0.25$ Trabe/día ó 1.25 Trabe/semana, que es mayor a lo programado de una sección por semana.

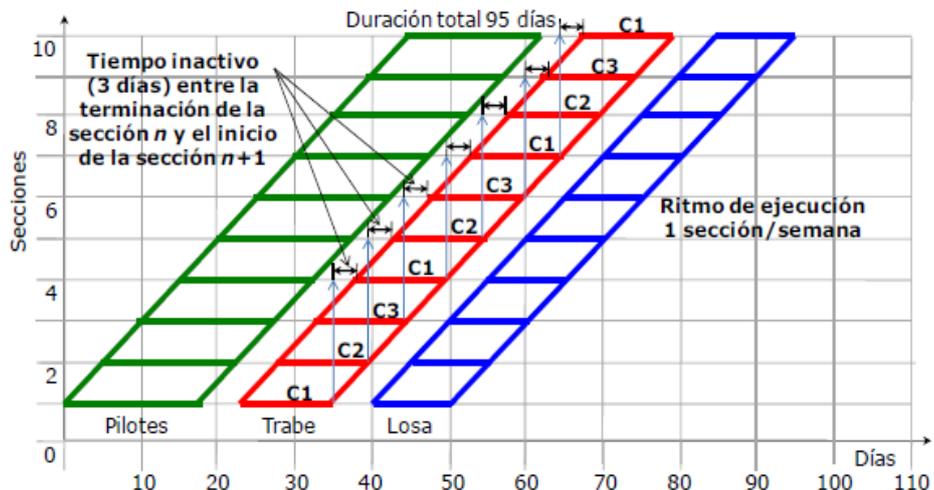
Figura 20: Gráfica de la Línea de Balance cuando sólo se dispone de 3 cuadrillas para la actividad “Trabes” y se le emplea de manera eficiente



Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

Desde luego, el responsable de la programación podría optar por la solución inicial, pero deberá estar consciente de que tal condición implicará que las cuadrillas pudieran estar inactivas durante cierto tiempo, tal como se muestra en la Figura 22, con los respectivos impactos en términos de costo que resultarían de tal decisión. En última instancia, deberá comparar estos costos adicionales contra aquellos que resulten de concluir el proyecto en un mayor tiempo para tomar la decisión final.

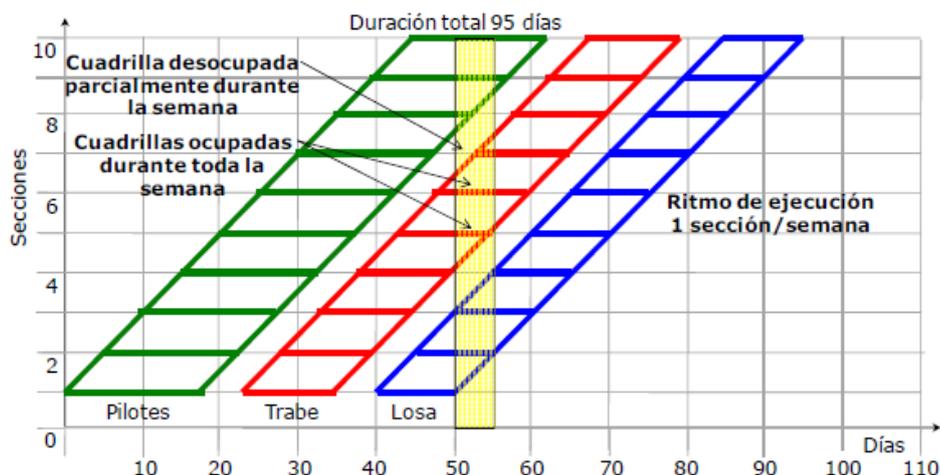
Figura 21: Gráfica de la Línea de Balance cuando sólo se dispone de 3 cuadrillas para la actividad “Trabes” y se le emplea de manera eficiente



Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

El análisis de las condiciones anteriores indica que si se decide emplear de manera eficiente (sin tiempos muertos) ya sea 2 ó 3 cuadrillas en la actividad Trabes, ésta se **desbalancea** con respecto a las otras dos, impactando entonces en la duración total del proyecto. Esto también se puede interpretar como que, para que la actividad Trabes esté balanceada con las demás, entonces el número ideal o teórico de cuadrillas está entre 2 y 3, lo cual es irreal e imposible para propósitos prácticos. Esta condición se puede identificar desde la programación inicial, utilizando un cartabón o plantilla con una duración correspondiente a la unidad de tiempo preestablecida, que para este caso es de una semana, tal como se observa en la Figura 23.

Figura 22: Identificación temprana de las condiciones de empleabilidad de los recursos disponibles con apoyo de un cartabón



Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

1.6 La línea de balance (LDB) y el uso de la informática

Sin duda, la LDB tiene varias ventajas intrínsecas en comparación con otras técnicas como el CPM, PDM y PERT. Sin embargo su adopción en la industria de la construcción ha sido sumamente lenta. Diversos estudios muestran que esa lentitud se ha debido principalmente a la falta de programas de cómputo (*software*) como herramientas de soporte. Jogelin y Olofsson (2007) comentan

en un estudio sobre su inclinación a usar la LDB y argumentan que esta técnica no ha sido adoptada ampliamente en la industria de la construcción "debido principalmente a la fuerte tradición de planear basándose en las actividades (redes) y a la ausencia de software que soporte la planeación basada en ubicaciones (LDB)". La industria de la construcción en Perú no está exenta de tal falta de programas de cómputo para la LDB, pero la razón más importante para no aplicarla es el desconocimiento de la misma.

1.6.1 El uso de la informática

Hoy en día casi toda la programación de proyectos de construcción se realiza con apoyo de la informática. Su principal atractivo es la rapidez de elaboración y la gran capacidad que se tiene para analizar diversos escenarios hasta alcanzar la que se considere como la posible mejor solución. Ahora bien, el uso de la informática puede ser desde una sencilla programación de actividades, que se podría desarrollar fácilmente en una hoja de cálculo electrónica, hasta un sistema completo de modelación de duraciones, recursos, costos, restricciones, etc., que se pueda utilizar no sólo para programar sino para analizar situaciones de avance y establecer pronósticos en función de los mismos, tal como lo permiten los programas DYNAProject® (2005) y VicoControl® (2007). El nivel de complejidad en la utilización de la informática puede ser tal que permita diseñar programas inteligentes, como lo es el sistema experto desarrollado por Pech y Loría (1999), el cual se describe más adelante.

Puesto que el objetivo principal de este documento es dar a conocer la técnica de programación de la LDB y facilitar y fomentar su aplicación, no se hará una presentación exhaustiva de las diversas opciones de software que existen en el mercado. Por el contrario, se mostrará un ejemplo sencillo de como la LDB sí se puede implementar fácilmente en una hoja de cálculo, de tal suerte que motive al lector a desarrollar su propia herramienta computacional.

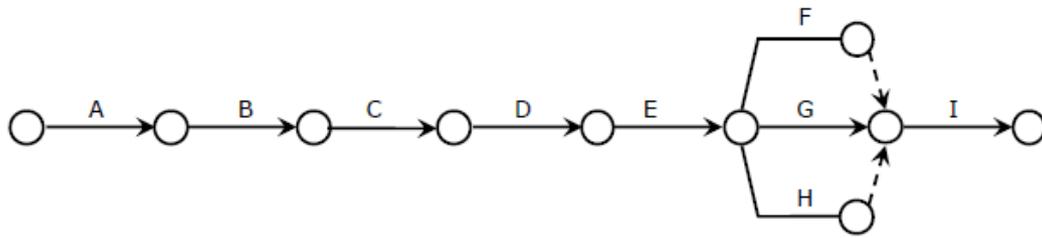
Ejemplo de aplicación con hojas de cálculo:

En los siguientes párrafos se muestra un ejemplo de programación con la LDB con el apoyo de una serie de hojas de cálculo desarrolladas por Díaz y Loría (2002). Para hacer más atractivo al lector el uso de esta técnica de programación, se ha seleccionado un proyecto con mayor grado de complejidad que la de los ejemplos mostrados con anterioridad, ya que éste consta de más actividades e incluye actividades a realizar de manera simultánea, tal como se muestra en la Figura 24. Información complementaria, tal como identificador y nombre de las actividades, horas-hombre por actividad y la cantidad de recursos que conforman cada cuadrilla, se indica en la Tabla 1. A continuación se describen las características y condiciones generales más relevantes del proyecto.

Ejemplo:

El INFONAVIT está interesado en contratar los servicios de su empresa de edificación. Por tal motivo, le ha asignado un pequeño contrato para construir 15 viviendas a manera de prueba. El INFONAVIT ha sugerido que le gustaría que éstas se entregaran a un ritmo de producción de 3 viviendas por semana, en virtud de la demanda que tienen de sus derechohabientes. En la Figura 24 se muestra el diagrama lógico de actividades, las condiciones de la región donde se ubica el proyecto indican que se acostumbra trabajar 5 días a la semana, en jornadas de 8 horas de trabajo por día. La dependencia, basada en su experiencia, sugiere que se consideren tiempos de espera (buffers) de 5 días entre actividades, para evitar interferencias entre ellas.

Figura 23: Secuencia lógica de actividades para un proyecto de vivienda



Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

Tabla 1: Lista de Actividades y requerimientos de un proyecto de vivienda

| ID | Actividad | Horas-hombre por actividad | Tamaño de la cuadrilla |
|----|--------------------|----------------------------|------------------------|
| A | Cimentación | 180 | 6 |
| B | Muros de block | 320 | 4 |
| C | Techos pretensados | 200 | 4 |
| D | Inst. de plomería | 60 | 2 |
| E | Inst. eléctrica | 40 | 2 |
| F | Acabados | 120 | 3 |
| G | Puertas y ventanas | 80 | 2 |
| H | Pintura | 100 | 2 |
| I | Obra exterior | 40 | 3 |

A continuación se describen brevemente los elementos principales que conforman la automatización del proceso recomendado para programar un proyecto con la LDB, el cual consistió en elaborar cuatro hojas de cálculo en Excel.

La primera hoja contiene la información básica del proyecto: características, número de unidades a ejecutar, ritmo de trabajo esperado, horas-hombre para cada actividad, conformación de las cuadrillas, dependencias entre actividades, etc. Esta hoja sólo sirve como plantilla para que el usuario vierta los datos mínimos necesarios del proyecto, ya que en ella no se realiza ninguna operación aritmética. Sin embargo, los datos contenidos en algunas de las celdas son los que dan origen a todo el proceso de cálculo en las demás hojas, por lo que es importante ser cuidadoso al incorporar tal información en ellas.

Tabla 2: Hoja de cálculo inicial con los datos principales del proyecto

| CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO | | | | | | |
|--|----------------|------------------------|---------------------|------|------|------|
| El INFONAVIT está interesado en contratar los servicios de su empresa de edificación. Por tal motivo, le ha asignado un pequeño contrato para construir 15 viviendas a manera de prueba. El INFONAVIT ha sugerido que le gustaría que éstas se entregaran a un ritmo de producción de 3 viviendas por semana, en virtud de la demanda que tienen de sus derechohabientes. En Tabla siguiente se presenta la información básica que se requiere para poder ejecutar una vivienda. La condiciones de la región donde se ubica el proyecto indican que se acostumbra trabajar 5 días a la semana, en jornadas de 8 horas de trabajo por día. La dependencia, basada en su experiencia, sugiere que se consideren tiempos de espera (buffers) de 5 días entre actividades, para evitar interferencias entre ellas. | | | | | | |
| No. Total de Unidades | 15 Viviendas | | Resultados | | | |
| No. Unidades Requeridas/unidad tiempo | 3 / semana | | | | | |
| No. Días | 5 semana | | | | | |
| No. Horas/Día | 8 horas/día | | | | | |
| Buffer o Tiempo de Espera Mínimo | 5 Días | | | | | |
| | | | Inicio del Proyecto | Día | 0 | |
| | | | Fin del Proyecto | Día | 102 | |
| | | | Duración Total | | 102 | Días |
| ACTIVIDAD (En el orden lógico de avance del proyecto) | HORAS - HOMBRE | TAMAÑO DE LA CUADRILLA | DEP1 | DEP2 | DEP3 | DEP4 |
| A Cimentación | 180 | 6 | | | | |
| B Muros de block | 320 | 4 | A | | | |
| C Techos pretensados | 200 | 4 | B | | | |
| D Inst. de plomería | 60 | 2 | C | | | |
| E Inst. eléctrica | 40 | 2 | D | | | |
| F Acabados | 120 | 3 | E | | | |
| G Puertas y ventanas | 80 | 2 | E | | | |
| H Pintura | 100 | 2 | E | | | |
| I Obra exterior | 40 | 3 | F | G | H | |

Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

La segunda hoja es la que contiene todas las operaciones aritméticas necesarias para determinar los valores que se requieren para poder elaborar la gráfica de la LDB, tal como se mostró de manera manual en la sección 2 (Tabla 3). En esta figura se observa que en las columnas 7 y 8 se tienen dos valores, el primero corresponde al que se obtiene de aplicar la fórmula y el segundo corresponde al redondeo del valor obtenido; este redondeo puede ser de acuerdo a la experiencia o preferencia de quien programa. Para este ejemplo, se decidió que los valores de las duraciones de las actividades siempre se redondeen al entero inmediato superior, mientras que los valores de los tiempos transcurridos entre el inicio o terminación del primero al último tramo se redondearan al entero inferior o superior más inmediato.

Tabla 3: Hoja de cálculo con operaciones aritméticas

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | |
|-----|--------------|------------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----|--------|---|----|---|
| | Horac-Hombre | Tamaño Cuadrilla | Requerimiento Teórico de Recursos | Asignación real de Recursos | Rendimiento Real | Duración de la Actividad | Tiempo 1er Tramo - Último Tramo | | Buffer | | | |
| ACT | H | C | $G = \frac{R \times H}{d \times h}$ | g | $r = \frac{g}{G} \times R$ | $D = \frac{H}{h} \times \frac{1}{C}$ | $T = \frac{(n-1)d}{r}$ | | B | | | |
| A | 180 | 6 | 13.50 | 12 | 2.67 | 3.75 | → | 4 | 26.25 | → | 26 | 5 |
| B | 320 | 4 | 24.00 | 24 | 3.00 | 10.00 | → | 10 | 23.33 | → | 23 | 5 |
| C | 200 | 4 | 15.00 | 16 | 3.20 | 6.25 | → | 7 | 21.88 | → | 22 | 5 |
| D | 60 | 2 | 4.50 | 4 | 2.67 | 3.75 | → | 4 | 26.25 | → | 26 | 5 |
| E | 40 | 2 | 3.00 | 4 | 4.00 | 2.50 | → | 3 | 17.50 | → | 18 | 5 |
| F | 120 | 3 | 9.00 | 9 | 3.00 | 5.00 | → | 5 | 23.33 | → | 23 | 5 |
| G | 80 | 2 | 6.00 | 6 | 3.00 | 5.00 | → | 5 | 23.33 | → | 23 | 5 |
| H | 100 | 2 | 7.50 | 8 | 3.20 | 6.25 | → | 7 | 21.88 | → | 22 | 5 |
| I | 40 | 3 | 3.00 | 3 | 3.00 | 1.67 | → | 2 | 23.33 | → | 23 | 5 |

Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

En la tabla 4 es la que contiene todos los cálculos para poder elaborar la graficar de la LDB correspondiente al proyecto que se ha programado. Por conveniencia, se han agrupado en cinco bloques, los cuales se describirán de acuerdo al orden en que éstos se van ejecutando:

- 1) En el primero, además de la nomenclatura de las actividades y los buffers, se vierten los resultados de las duraciones de las actividades y de los tiempos transcurridos entre el inicio o terminación del primero al último tramo que fueron calculados en la segunda hoja.
- 2) En el tercer bloque se vierten las relaciones de dependencias entre actividades, las cuales son obtenidas de la primera hoja de cálculo.
- 3) En el bloque 4 se obtienen los valores que corresponden a los inicios de la actividad analizada en función de las dependencias con las actividades que le preceden, por ejemplo, se observa que la actividad I tiene tres valores, 75, 75 y 77 respectivamente, de los cuales se toma el mayor y éste es direccionado al bloque 2. Esta operación equivale a calcular las primeras fechas de inicio en CPM.
- 4) El cuarto bloque contiene los valores que corresponden a las fechas de inicio y terminación del primer y último elemento de cada actividad, señalados en rojo y azul respectivamente.
- 5) En el quinto bloque se vierten los valores que sirven para graficar los paralelogramos correspondientes a cada actividad. Observe el lector que se requieren cinco valores para poder construir cada paralelogramo.

Los principales comandos empleados en la elaboración de estas hojas fueron los denominados "SI" y "BUSCAR":

- =SI(B4=0,0,F4+D4)
- =BUSCAR(Datos!G17,\$B\$4:\$B\$29,\$B\$4:\$B\$29)

Tabla 4: Hoja de cálculo inicial con operaciones para graficar la LDB

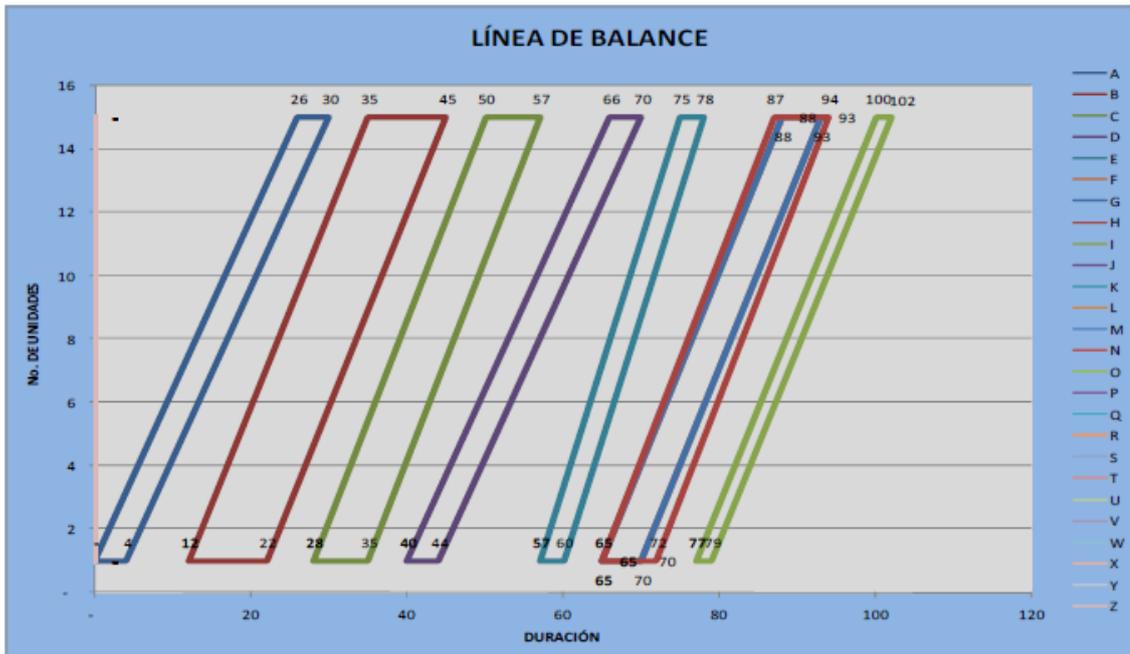
| Bloque 1 | | | | Bloque 2 | | | | Bloque 3 | | | | Bloque 4 | | | | Bloque 5 | | | | |
|----------|----|----|--------|----------|-----|-----|-----|----------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|----------|----|-----|-----|----|
| | | | Inicio | 0 | | Fin | 102 | DEP 1 | DEP 2 | DEP 3 | DEP 4 | DEP 1 | DEP 2 | DEP 3 | DEP 4 | | | | | |
| ACT | D | T | B | 0 | T0 | IF | TF | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | | 1 | 1 | 15 | 15 | 1 |
| A | 4 | 28 | 5 | 0 | 26 | 4 | 30 | | | | | | | | | - | 4 | 30 | 28 | - |
| B | 10 | 23 | 5 | 12 | 35 | 22 | 45 | A | - | - | - | 12 | - | - | - | 12 | 22 | 45 | 35 | 12 |
| C | 7 | 22 | 5 | 28 | 50 | 35 | 57 | B | - | - | - | 28 | - | - | - | 28 | 35 | 57 | 50 | 28 |
| D | 4 | 28 | 5 | 40 | 66 | 44 | 70 | C | - | - | - | 40 | - | - | - | 40 | 44 | 70 | 66 | 40 |
| E | 3 | 18 | 5 | 57 | 75 | 60 | 78 | D | - | - | - | 57 | - | - | - | 57 | 60 | 78 | 75 | 57 |
| F | 5 | 23 | 5 | 65 | 88 | 70 | 93 | E | - | - | - | 65 | - | - | - | 65 | 70 | 93 | 88 | 65 |
| G | 5 | 23 | 5 | 65 | 88 | 70 | 93 | E | - | - | - | 65 | - | - | - | 65 | 70 | 93 | 88 | 65 |
| H | 7 | 22 | 5 | 65 | 87 | 72 | 94 | E | - | - | - | 65 | - | - | - | 65 | 72 | 94 | 87 | 65 |
| I | 2 | 23 | 5 | 77 | 100 | 79 | 102 | F | G | H | - | 75 | 75 | 77 | - | 77 | 79 | 102 | 100 | 77 |

Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

La cuarta hoja es la que contiene la gráfica de la LDB (Figura 25), a partir de los valores determinados en la tercera hoja.

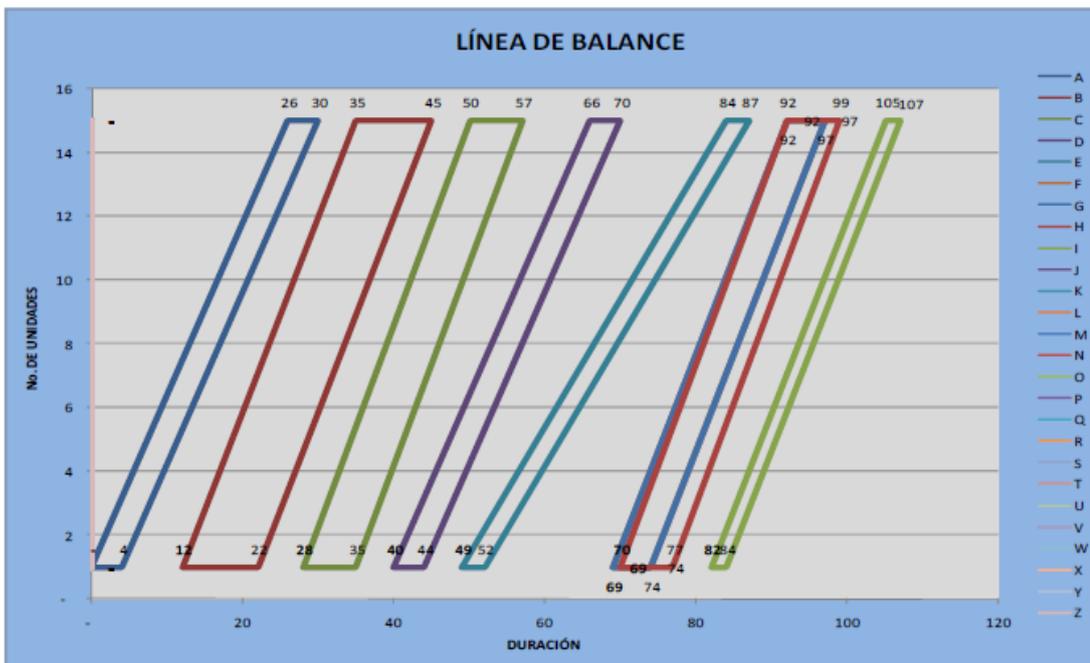
De lo descrito en esta sección, se observa entonces que el tiempo invertido en desarrollar hojas de cálculo para programar con la técnica de la LDB es sumamente redituable, pues permite analizar un sinnúmero de alternativas en cuestión de minutos y, en consecuencia, tomar mejores decisiones al respecto.

Figura 24: Diagrama de la LDB elaborado con una hoja de cálculo



A manera de ejemplo se muestra en la Figura 25 los resultados en la LDB como consecuencia de reducir el número de cuadrillas en la actividad E, de 2 a sólo 1, incrementándose en 5 días la duración total del proyecto; es decir, a 107 días.

Figura 25: Reasignación de recursos en la Actividad E (sólo 1 cuadrilla)



II. MATERIAL Y METODOS

2.1 Material de Estudio

2.1.1 Población

Para el presente estudio de investigación el sujeto de análisis es único y será la obra “EDIFICIO MULTIFAMILIAR RESIDENCIAL PEDRO URRACA”; Esto significa, que la muestra es igual a la población por la naturaleza del sujeto de estudio y por la condición única de la investigación.

2.1.2 Diseño de la Muestra

Se tomará como muestra a la población por tratarse de una obra de edificación multifamiliar.

2.1.3 Diseño de Investigación

| | | |
|--------------------------------|---|-------------|
| Por el propósito | : | Aplicada |
| Por clase de medios utilizados | : | De campo |
| Por nivel de conocimientos | : | Descriptiva |

2.2 Métodos y Técnicas

2.2.1 Método

Método Inductivo - Deductivo:

2.2.2 Técnica

Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Observación directa

2.2.3 Procedimiento

Hasta ahora se ha concretado en analizar una gráfica de la LDB y cómo ésta es afectada bajo diferentes esquemas de disponibilidad de recursos, pero sin comentar sobre el procedimiento necesario para poder llegar a elaborarla. Se procederá entonces a describir cómo se elabora un programa de obra con la técnica de la Línea de Balance, para ello se recomienda seguir los siguientes pasos:

- 1) Preparar un diagrama lógico de actividades.
- 2) Estimar las horas-hombre para ejecutar cada actividad.
- 3) Seleccionar los tiempos de espera condicionados (buffers) que eviten el riesgo de interferencias entre actividades.
- 4) Calcular el rendimiento requerido en cada actividad para completar la obra en el tiempo establecido
- 5) Elaborar una tabla con los cálculos necesarios.
- 6) Dibujar el diagrama o programa de avance, con los resultados de la tabla.
- 7) Examinar el diagrama y considerar la posibilidad de alternativas más "balanceadas", tales como:
 - Cambiar el rendimiento de alguna actividad (reduciendo o aumentando el número de cuadrillas a lo largo de la duración de la misma).
 - Despedir alguna(s) cuadrilla(s) y recontratarla(s) más adelante.
 - Ejecutar de manera simultánea algunas actividades.

2.2.3.1 Recolección de información

El punto de partida para la elaboración de la programación maestra aplicando líneas de balance, fue considerando los siguientes criterios:

Culminar el proyecto dentro del plazo contractual:

Ya que en un proyecto existen diversos tipos de imprevistos que no se identifican en la etapa de planeamiento y que se encuentran ya durante el desarrollo del mismo, se considera como un factor de seguridad ante imprevistos, entre 5 y 20% del plazo contractual, para de esta forma, estar cubiertos ante la presencia de los mismos.

- En el caso particular del presente proyecto se considera como plazo para la ejecución, el 90% del plazo contractual; es decir de los 960 días de plazo contractual, se cuenta con 864 días para la ejecución tentativa del proyecto.
- De este modo, se tendrá como fecha de inicio el día 02 de abril del 2012 y como fecha de término el 13 de agosto del 2014.
- Asimismo como paso inicial para la programación del calendario y jornada laboral, que en este caso se ha considerado que se trabajará los días: de lunes a sábado con jornada laboral de 8 horas por turno.

Recopilación de toda la información fidedigna relacionada al proyecto:

Para elaborar una buena planificación (Plan Maestro), es necesario contar con datos reales del proyecto como son:

- Memoria Descriptiva.
- Especificaciones Técnicas.
- Planos.
- Presupuesto Contractual.

Identificación de las actividades principales-críticas con el apoyo de un sistema basado en conocimiento (Knowledge-Based System – KBS).

El sistema permite obtener y almacenar la información relacionada a los elementos que integran las viviendas típicas y los métodos de construcción requeridos para llevarlos a cabo. Los mecanismos de inferencia del sistema permiten la definición detallada de los modelos de un proyecto basados en la información almacenada en el sistema. Si el usuario lo desea, la información puede ser modificada. Esta definición incluye la identificación de elementos que integran el modelo, así como las cantidades de trabajo, los procedimientos constructivos y el orden en éstos necesitan ser ejecutados. Al terminar la definición, el sistema genera los programas de construcción gráfica y numéricamente usando el método de la línea de balance.

Se seleccionó para el desarrollo del sistema, un tipo especial de sistema experto denominado "Sistema Basado en Conocimiento" (*Knowledge-Based System*), que se define como un sistema experto que depende de una base de conocimiento para ejecutar tareas difíciles, y que obtiene su poder del conocimiento experto que ha sido codificado en hechos, reglas, heurística y procedimientos para ejecutar tareas difíciles. El conocimiento en estos sistemas es almacenado en una base de conocimientos separada de los componentes de control e inferencia. Esto hace posible que se pueda agregar nuevos conocimientos o refinar los existentes, sin que sea necesario recompilar los programas de control e inferencia (Patterson, 1990).

Los conocimientos constituyen el punto central de este tipo de sistemas, así el conocimiento puede expresar un simple hecho o atributo poseído por un objeto o persona, puede expresar una relación entre dos objetos o personas, o entre una persona y un concepto abstracto. En estos casos se habla de un conocimiento declarativo. El conocimiento puede ser también de tipo procedural o de tipo empírico, esto es, consistir en un conjunto de reglas que los expertos usan en la solución de problemas complejos. Los conocimientos que provienen de las experiencias propias de los expertos se denominan, conocimiento heurístico. El conocimiento requiere, en primer lugar, ser

almacenado y posteriormente, recuperado, ordenado y apareado para producir nuevo conocimiento que conduzca a la solución del problema que se plantea.

Lo anterior obliga a seleccionar cuidadosamente la forma en que se va a representar el conocimiento dentro del sistema.

Para este sistema, la representación seleccionada fue la metodología orientada a objetos. Esta forma provee ventajas considerables tanto para el manejo del conocimiento, como para el manejo de la complejidad del sistema, dado que obliga a la descomposición del sistema en pequeños componentes con comportamientos bien diferenciados y con poca dependencia entre ellos. Esto reduce la complejidad y permite que cada componente pueda ser estudiado y definido con cierta facilidad. Cada uno de estos componentes que intervienen en un problema recibe el nombre de objetos. Los objetos almacenan tanto información, como los métodos o procedimientos para realizar las tareas que le corresponden. El funcionamiento global del sistema se obtiene mediante el paso de mensajes entre los objetos, los cuales activan sus procedimientos de solución.

Una vez definida la forma de representación del conocimiento, el siguiente paso fue proceder al diseño del sistema, que considerando la orientación a objetos ya definida, requirió de la realización de los cinco pasos que se describen brevemente a continuación.

1. Identificación de abstracciones.
2. Identificación de comportamientos de las abstracciones.
3. Identificación de relaciones entre clases.
4. Identificación de relaciones entre objetos.
5. Diseño de la estructura y procesos del sistema.

2.2.3.2 Procesamiento de información

A partir de un análisis cuidadoso del proyecto de construcción del edificio multifamiliar pedro urraca se identificaron los elementos típicos, los cuales se tomaron a partir del piso 5 ya que fue en donde se encontraba el proyecto ejecutándose y a partir del 6to piso se aplicaría la metodología.

Figura 26: Procesamiento de Información



Figura 27: Procesamiento de Información – Fase 1 y 2



1

->

2

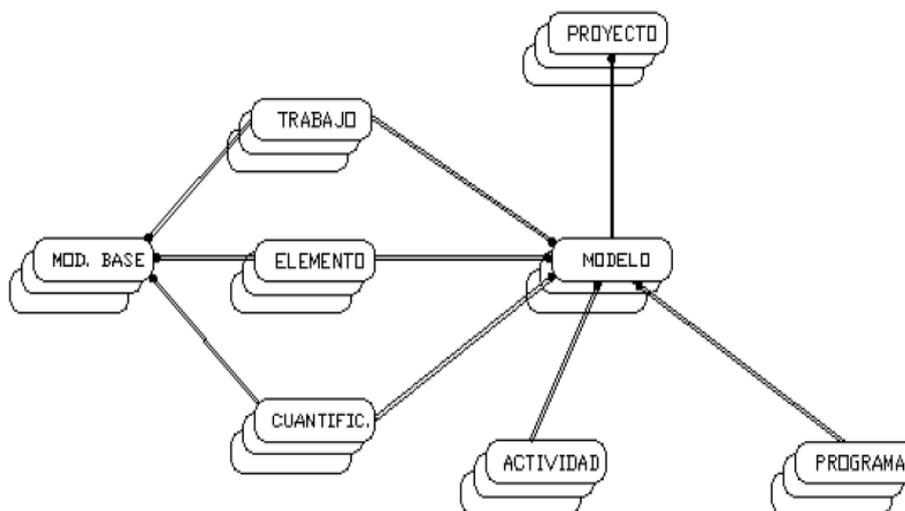
Identificación de comportamientos de las abstracciones:

Los comportamientos son las tareas o procedimientos que pueden llevar a cabo las abstracciones. Para las abstracciones mostradas en la Fig. 30 se identificaron los siguientes comportamientos: Proyecto, Piso, Partidas, Cuantificadores, Trabajos, Actividad, Programa y Modelo Base.

Identificación de relaciones entre clases:

Una clase se define como el conjunto de objetos que comparten una estructura y un comportamiento comunes (Booch, 1991). El conjunto de abstracciones identificadas en los pasos anteriores permite la definición de las clases de objetos del sistema y de las relaciones que existen entre ellas. Las relaciones entre clases son de tres tipos: la relación de jerarquía (tipo de), la relación de agregación (parte de), y la relación de utilización (usa a). Las relaciones más importantes entre las clases del sistema son de agregación, como se muestra en la Figura 33. En esta figura se observa, que la clase proyecto usa a la clase modelo en su definición, a su vez, la clase modelo usa a las clases trabajo, elemento, cuantificador, actividad y programa.

Figura 32: Relaciones entre la clase del sistema

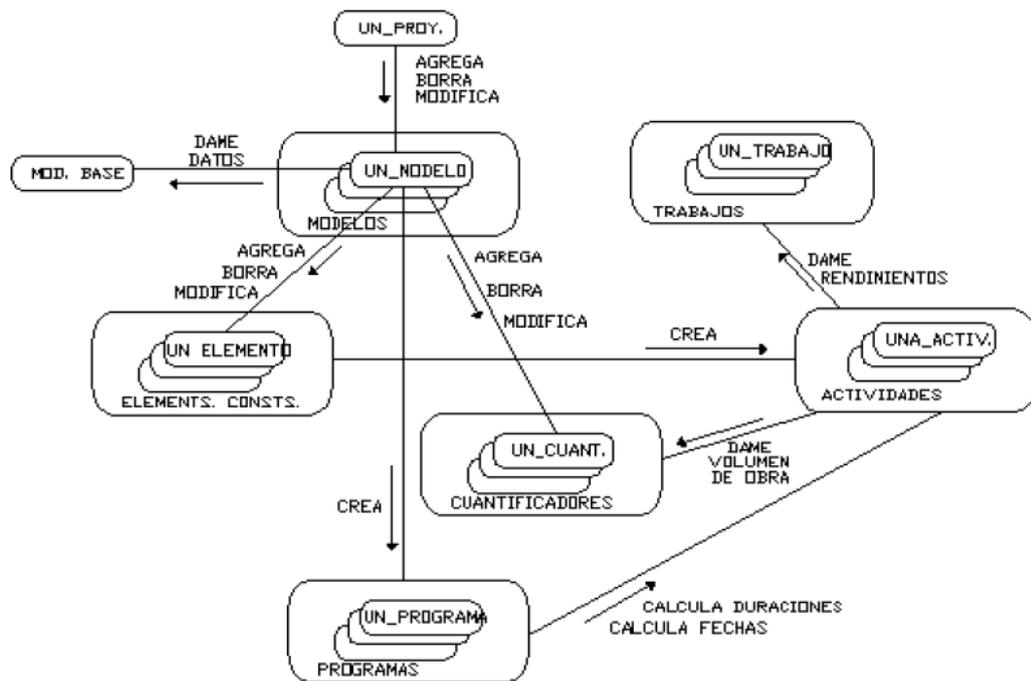


Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

Identificación de relaciones entre objetos:

Durante el funcionamiento del sistema, los objetos se crean, se destruyen y se mandan mensajes entre ellos con una frecuencia bastante alta. En la figura se muestran los objetos que pueden existir en un momento dado y los mensajes que intercambian. Estos mensajes pueden ser para enviar o solicitar información, o bien, para crear o destruir otros objetos. En la figura puede verse que el objeto UN MODELO, manda un mensaje para crear UN PROGRAMA de un modelo de piso, y que el programa creado va a solicitar, el cálculo de duraciones y fechas de cada una de las partidas.

Figura 33: Relaciones entre objetos del sistema



Fuente: Programación de Obras con la técnica de la línea de balance- José Humberto Loría A.

2.2.3.3 Análisis de la información

Diseño de la estructura y procesos del sistema:

En la Figura 33 se muestra el diagrama de la estructura general del sistema, en el que pueden observarse los componentes básicos de un sistema basado en conocimiento como son: los mecanismos de entrada y salida, los mecanismos de inferencia y control y la base de conocimientos del sistema. Las flechas del diagrama representan los principales flujos de información entre los componentes del sistema. También se muestran las dos entidades externas que interactúan con el sistema: los expertos y los usuarios.

La función de los expertos es almacenar en la base de conocimientos del sistema los denominados conocimientos básicos, compuestos por los métodos de trabajo y por los conocimientos relacionados con los modelos típicos que se presentan con cierta frecuencia en los proyectos. Los usuarios, por su parte, utilizan el sistema para resolver problemas específicos de programación, pero pueden opcionalmente, proporcionar nuevos conocimientos básicos al sistema, derivados de su problema particular. Para definir un proyecto, el usuario puede tomar información de los modelos típicos que se encuentran almacenados en la base de conocimientos del sistema.

La información que el usuario proporciona al sistema sobre su proyecto específico es almacenada en la base de conocimientos como "conocimientos del proyecto" y consisten en la descripción detallada de las viviendas modelo que intervienen en el proyecto. Estos conocimientos del proyecto son combinados con los conocimientos básicos de los trabajos, en el momento en que se activan los procesos de inferencia, cuando el usuario solicita los programas de obra. Los procesos de inferencia del sistema, generan nuevos conocimientos, tales como: la lista de actividades de cada vivienda modelo, el conjunto de elementos o condiciones que se obtiene al terminar cada actividad, y la secuencia de construcción de las mismas. Estos últimos conocimientos, pueden ser revisados y modificados por el usuario, antes de que se activen los

procesos finales de cálculo y presentación de resultados, que son: la red de actividades y la línea de balance.

El sistema requiere que, en primer lugar, se almacenen los conocimientos de los trabajos para la construcción de la edificación, algunos de los cuales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Diseño de la estructura

| PARTIDA | UNID | CUADRILLA | | | RENDIMI ENTO | REND. REQ. | PARA INICIAR REQUIERE | AL TERMINAR PRODUCE | | |
|--|------|-----------|-----|------|-----------------|---------------|--|--|---|-------------------------|
| | | Op. | Of. | Peon | | | | | | |
| HABILITACION Y COLOCACION DE FIERRO EN PLACAS Y COLUMNAS | KG | 1 | | 1 | 250 | 250 | VACIADO DE LOSA DE ENTRE PISO | ENCOFRADO DE PLACAS Y COLUMNAS | | |
| ENCOFRADO DE PLACAS Y COLUMNAS | M2 | 1 | | 1 | 10 | 10 | HABILITACION Y COLOCACION DE FIERRO EN PLACAS Y COLUMNAS | VACIADO DE PLACAS Y COLUMNAS | | |
| VACIADO DE PLACAS Y COLUMNAS | M3 | 2 | 2 | 10 | 10 | 10 | ENCOFRADO DE PLACAS Y COLUMNAS | ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS | | |
| ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS | M2 | 1 | | 1 | 10 | 10 | VACIADO DE PLACAS Y COLUMNAS | HABILITACION Y COLOCACION DE FIERRO EN VIGAS Y LOSAS | + | COLOCACION DE LADRILLOS |
| HABILITACION Y COLOCACION DE FIERRO EN VIGAS Y LOSAS | KG | 1 | | 1 | 250 | 250 | ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS | COLOCACION DE LADRILLOS | | |
| COLOCACION DE LADRILLOS | UND | 1 | | 9 | 1600 | 850 | ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS | COLOCACION DE TEMPERATURA | | |
| COLOCACION DE TEMPERATURA | KG | 1 | | 1 | 250 | 250 | COLOCACION DE LADRILLOS | VACIADO DE VIGAS Y LOSAS | | |
| VACIADO DE VIGAS Y LOSAS | M3 | 2 | 2 | 10 | 20 | 20 | COLOCACION DE TEMPERATURA | HABILITACION DE FIERRO DE PLACAS Y COLUMNAS EN SIGUIENTE NIVEL | | |

Posteriormente se debe definir detalladamente el modelo de vivienda, esto se hace proporcionando las listas de los elementos constructivos (Tabla 6) y de los cuantificadores (Tabla 7).

Tabla 6: Elementos Constructivos

| ELEMENTO CONSTRUCTIVO | TRABAJO | CUANTIFICADOR |
|-----------------------|--|-------------------------------------|
| FIERRO VERTICAL | HABILITACION Y COLOCACION DE FIERRO EN PLACAS Y COLUMNAS | KG DE FIERRO EN COLUMNAS |
| ENCOFRADO VERTICAL | ENCOFRADO DE PLACAS Y COLUMNAS | AREA DE PLACAS Y COLUMNAS |
| CONCRETO VERTICAL | VACIADO DE PLACAS Y COLUMNAS | VOLUMEN DE PLACAS Y COLUMNAS |
| ENCOFRADO HORIZONTAL | ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS | AREA DE VIGAS Y LOSAS |
| FIERRO HORIZONTAL | HABILITACION Y COLOCACION DE FIERRO EN VIGAS Y LOSAS | KG DE FIERRO EN VARILLAS |
| LADRILLO | COLOCACION DE LADRILLOS | AREA DE LOSA X N° DE LADRILLOS / M2 |
| FIERRO TECHO | COLOCACION DE TEMPERATURA | KG DE FIERRO EN VARILLAS |
| CONCRETO HORIZONTAL | VACIADO DE VIGAS Y LOSAS | VOLUMEN DE VIGAS Y LOSA |

Tabla 7: Cuantificadores

| CUANTIFICADOR | FORMULA |
|-------------------------------------|---|
| KG DE FIERRO EN COLUMNAS | (ALTURA COLUMNA X N° DE FIERROS + LONGITUD DE ESTRIBOS X N° DE ESTRIBOS) X PESO DE VARILLA X ML |
| AREA DE PLACAS Y COLUMNAS | (ALTO X ANCHO) DE PLACAS O COLUMNAS X TODOS SUS LADOS |
| VOLUMEN DE PLACAS Y COLUMNAS | (ALTO X ANCHO X LARGO) PLACAS Y COLUMNAS |
| AREA DE VIGAS Y LOSAS | (LARGO X ANCHO) VIGAS Y LOSAS |
| KG DE FIERRO EN VARILLAS | (LONGITUD DE VIGAS X N° DE FIERROS + LONGITUD DE ESTRIBOS X N° DE ESTRIBOS +) X PESO DE VARILLA X ML |
| AREA DE LOSA X N° DE LADRILLOS / M2 | LARGO X ANCHO X N° LADRILLOS /1 M2 |
| KG DE FIERRO EN VARILLAS | (ANCHO / 0.25 M) X LARGO |
| VOLUMEN DE VIGAS Y LOSAS | LARGO X ANCHO X ESPESOR |

Con la información anterior, los mecanismos de inferencia del sistema definen la lista de actividades y sus datos complementarios. Se parte de la información para cada trabajo de una vivienda, esto es, el nombre, la unidad de medida, la cantidad a ejecutar y el rendimiento de una cuadrilla (columnas 1 a 4), así como el tiempo de espera después de cada actividad. Basándose en esos datos, en el orden de ejecución dado por la red de actividades y en las requerimientos de producción, se procede a calcular el número máximo de cuadrillas (MC), el número teórico y real de viviendas a construir simultáneamente (G y g), la tasa de producción real semanal (r), la duración del trabajo en una vivienda (D), el tiempo entre el inicio del trabajo en la primera vivienda y el inicio en la última, la fecha de inicio del trabajo en la primera vivienda (Ti1) y el tiempo de terminación del trabajo en la última vivienda (Tn).

Tabla 8: ID de Actividades

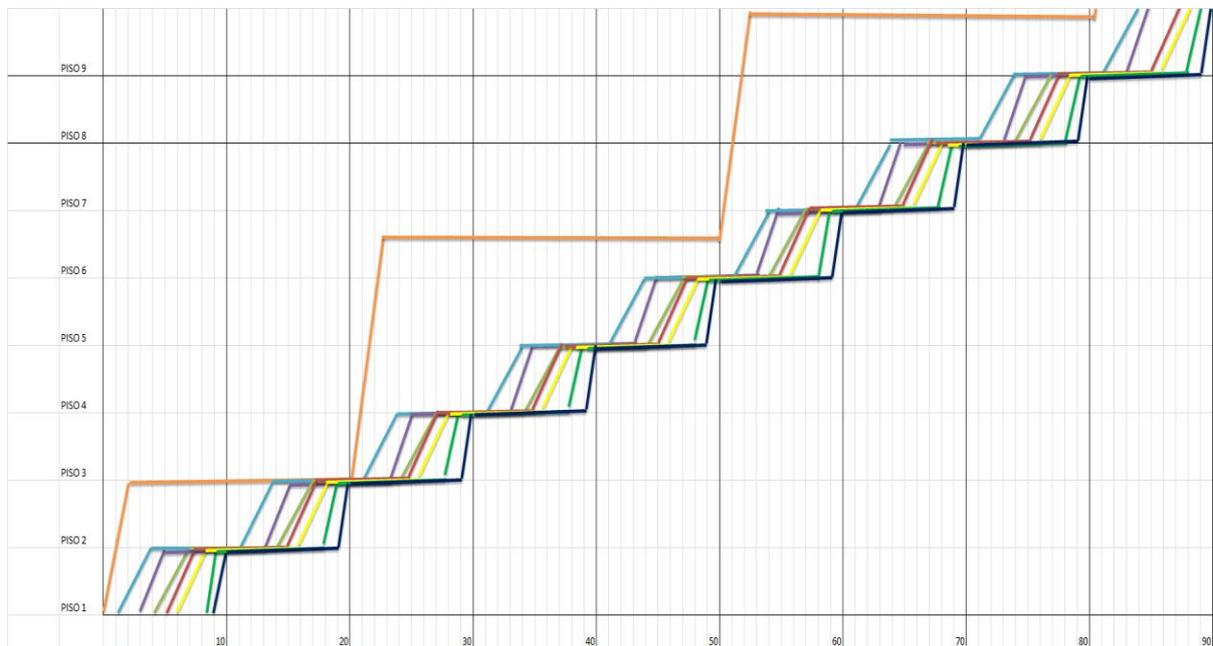
| ID | ACTIVIDAD |
|----|--|
| A | HABILITACION Y COLOCACION DE FIERRO EN PLACAS Y COLUMNAS |
| B | ENCOFRADO DE PLACAS Y COLUMNAS |
| C | VACIADO DE PLACAS Y COLUMNAS |
| D | ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS |
| E | HABILITACION Y COLOCACION DE FIERRO EN VIGAS Y LOSAS |
| F | COLOCACION DE LADRILLOS |
| G | COLOCACION DE TEMPERATURA |
| H | VACIADO DE VIGAS Y LOSAS |

Tabla 9: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | 8 | | 9 |
|-----|-------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------|------|--|-----|--------|
| ACT | H-H POR ACTIVIDAD | TAMAÑO DE CUADRILLA | REQUERIMIENTO TEORICO DE RECURSOS | ASIGNACION REAL DE RECURSOS | RENDIMIENTO REAL | DURACION DE LA ACTIVIDAD | | TIEMPO TRANSCURRIDO DEL INICIO DE LA 1ERA SECCION AL INICIO DE LA ULTIMA | | BUFFER |
| A | 1848.00 | 4 | 23.1 | 23 | 0.60 | 1.23 | 1.00 | 110.48 | 111 | 0 |
| B | 2411.52 | 4 | 30.144 | 30 | 0.60 | 3.20 | 3.00 | 110.53 | 110 | 0 |
| C | 1938.816 | 12 | 24.2352 | 24 | 0.59 | 1.97 | 2.00 | 111.08 | 107 | 1 |
| D | 2784 | 4 | 34.8 | 30 | 0.52 | 2.98 | 3.00 | 110.10 | 109 | 0 |
| E | 1819.584 | 4 | 22.7448 | 22 | 0.58 | 2.30 | 2.00 | 111.30 | 109 | 0 |
| F | 531.483322 | 5 | 6.64354152 | 7 | 0.63 | 2.38 | 2.50 | 104.40 | 104 | 0 |
| G | 240 | 2 | 3 | 3 | 0.60 | 1.40 | 1.00 | 110.00 | 106 | 0 |
| H | 552 | 12 | 6.9 | 7 | 0.61 | 1.30 | 1.00 | 108.43 | 107 | 1 |

Antes de obtener los resultados finales, la información generada puede ser ajustada por el usuario. Los resultados finales que proporciona el sistema son las líneas de balance, mostrada en la Figura 34, y parte del programa detallado de un piso, en este caso del piso N° 12.

Figura 34: Gráfico generado utilizando líneas de balance



III. RESULTADOS

3.1 Resultados Cualitativos

En el desarrollo de un proyecto hay dos parámetros muy importantes que hablan de la eficiencia de la planeación y desempeño del mismo, el cumplimiento del plazo de entrega y de los costos presupuestados. Es ideal que ambos se cumplan, mejor aún, que tanto el tiempo y los costos se recorten sin afectar la calidad del producto. Por lo anterior, es importante realizar comparaciones entre todos los escenarios: sistema actual y escenarios propuestos para establecer cuál de ellos es el mejor, por alguno de los anteriores aspectos, o por ambos.

Con el método de líneas de balance el trabajo que se realiza en un proyecto de construcción se muestra como una sola línea, o barra, en una gráfica, en vez de una serie de actividades como se haría en un diagrama de barras.

Representa un gran número de actividades comunes en un documento mucho más sencillo y pequeño.

Muestran el “ritmo” de trabajo o velocidad de trabajo al cual deben ser realizadas todas las actividades que conforman el proyecto para concluirlo de acuerdo a lo programado.

Genera de una disciplina de trabajo planeado a partir del análisis de las líneas de balance que les permite aprovechar al máximo las horas programadas de la jornada laboral, trayendo como consecuencia una mejor calidad de vida de los trabajadores y profesionales que podrán disponer de más tiempo para el descanso y demás actividades personales.

Para la empresa, esta práctica a corto plazo le redituará en términos de una mayor aceptación entre sus clientes por el cumplimiento de la entrega.

A largo plazo le originará ahorros significativos en el desarrollo de proyectos similares.

Si se compara el cronograma inicial con el cronograma líneas de balance, se puede notar que tanto el tiempo de entrega como los costos totales son menores en el segundo caso. Aunque en este segundo escenario se generan horas extras, el proyecto termina 3 semanas antes y en costos el ahorro es significativo en promedio para los 7 pisos restantes. Este ahorro no tiene en cuenta la disminución de los costos administrativos asociados.

Se tiene una mejor visión de las partidas a ejecutar ya que la aplicación muestra una gráfica de elementos vs tiempo la cual facilita el control de la obra y el poder realizar correcciones o cambios en la programación durante el proceso constructivo ya sea por ganancias o pérdidas en tiempo de ejecución.

3.2 Resultados Cuantitativos de la Tesis

El desarrollo del METODO LINEAS DE BALANCE permitió identificar y analizar las siguientes Abstracciones:

- Proyectos.
- Modelos.
- Elementos Constructivos.
- Cuantificadores.
- Trabajos.

Luego de analizar el comportamiento de las abstracciones, se relaciona las clases y los objetos para poder obtener un orden de partidas que permita ser más eficientes en cuestión a sistema constructivo. Y aunque parezca poco importante el armar las relaciones, es muy esencial en obra ya que permite observar rápidamente la ruta crítica.

En las relaciones se observa que el vaciado de losas y vigas tiene 3 partidas sucesoras las cuales son el encofrado de vigas y losas, habilitación de fierro en vigas y losas, colocación de ladrillos y colocación de fierro de

temperatura. (Sin teniendo en cuenta las partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias).

De esta forma se identificó un potencial problema en los tiempos y procesos de ejecución los cuales podrían perjudicar enormemente al cronograma de obra como también al presupuesto base de obra.

Para esto se analizaron las partidas con mucho cuidado y se levantaron las restricciones, las cuales fueron:

- Tiempos de recepción de material.
- Rendimientos del personal.
- Control de asistencia y salud del personal.
- Mantenimiento de maquinarias(trompo, winche ,vibradora)

Teniéndose lo anterior “bajo control”, ya que siempre existe fenómenos externos que pueden afectar el proceso de construcción, se comienza con el diseño y procesamiento del sistema para lo cual se necesitan los metrados de las partidas ya señaladas y las horas hombre totales que se emplearan para la ejecución.

Figura 35: Relaciones entre objetos del sistema

| HORAS HOMBRE / PISO |
|------------------------|
| 154.00 |
| 200.96 |
| 161.57 |
| 278.40 |
| 151.63 |
| 44.29 |
| 16.00 |
| 110.40 |

Estas horas se multiplicaran por el número de pisos en total (12) los cuales luego se emplearan para determinar el coeficiente R/día y R/semana.

El coeficiente resulta 0.1 y 0.6 esto indica que en un día de trabajo se tiene el 10% del edificio construido. Este coeficiente varía de acuerdo al tiempo de ejecución que nosotros le asignamos para este caso se le dio 120 días es decir 10 días por piso.

Tabla 10: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|-------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| ACT | H-H POR ACTIVIDAD | TAMAÑO DE CUADRILLA | REQUERIMIENTO TEORICO DE RECURSOS | ASIGNACION REAL DE RECURSOS |
| ID | H | C | $G = (RXH)/(hxd)$ | G |
| A | 1848 | 2 | 23.1 | 23 |
| B | 2411.52 | 2 | 30.144 | 30 |
| C | 1938.816 | 12 | 24.2352 | 25 |
| D | 3340.8 | 2 | 41.76 | 42 |
| E | 1819.584 | 2 | 22.7448 | 23 |
| F | 531.483322 | 5 | 6.64354152 | 7 |
| G | 192 | 2 | 2.4 | 2.5 |
| H | 1324.8 | 12 | 16.56 | 17 |

En el cuadro de asignación de recursos se puede observar que la formula solo divide las horas hombre por el rendimiento semanal entre las 48 horas semanales, el resultado da como resultado el personal que se requiere para ejecutar la actividad o partida en el tiempo asignado anteriormente.

Claro está que en algunas partidas como la de encofrado de vigas y losas la asignación de recursos es muy alta y no es factible en esta obra por ser de espacios reducidos, para esto se necesitara incrementar la eficiencia en las cuadrillas y así ser más productivos y obtener mayores rendimientos.

Para lo cual se tuvo que capacitar y dar charlas de motivación ya que estas 2 cosas son muy importantes para la empresa ya que así el trabajador se identifica con la empresa y se siente a gusto trabajando en ella, dejando los problemas personales de lado y siendo más responsables llegando puntual a obra y terminando su tarea encomendada.

Luego junto con el ingeniero residente se armó un flujo de trabajo en donde se ven y analizan los siguientes aspectos operacionales de las actividades de trabajo:

- Estructuración de tareas.
- Realización de tareas.
- Orden correlativo de tareas.
- Sincronización de tareas.
- Flujo de tránsito dentro de obra.
- Seguimiento y control de las tareas.

Luego de todo esto se procede a la aplicación en obra desde el piso 5 hasta el piso 7 donde se obtuvieron la toma de datos de los siguientes cuadros.

Tabla 11: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| ELEMENTO | ENCOFRADO (tiempo) | | | metrado | rendimiento | rendimiento | rendimiento |
|----------------------|--------------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 ESCENARIO | 2 ESCENARIO | 3 ESCENARIO | | | | |
| P1 | 1.5 | 1 | 1.2 | 2.70 | 14.40 | 21.60 | 18.00 |
| P2 | 4.75 | 4.5 | 4.25 | 16.60 | 27.96 | 29.51 | 31.25 |
| P3 | 2.25 | 2.5 | 2.5 | 5.16 | 18.35 | 16.51 | 16.51 |
| P4 | 4 | 4.5 | 4.5 | 16.00 | 32.00 | 28.44 | 28.44 |
| P5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 11.70 | 20.80 | 20.80 | 20.80 |
| P6 | 5 | 4.75 | 4.5 | 10.50 | 16.80 | 17.68 | 18.67 |
| c2 | 1.5 | 1.25 | 1 | 4.50 | 24.00 | 28.80 | 36.00 |
| c1 | 1.5 | 1.25 | 1.25 | 4.50 | 24.00 | 28.80 | 28.80 |
| VIGAS Y LOSAS | | | | | | | |
| LOSAS | 12.5 | 12 | 12.25 | 96.67 | 61.87 | 64.45 | 63.13 |
| FRISOS | 9 | 8.5 | 8 | 56.6 | 50.31 | 53.27 | 56.60 |
| VIGAS | 12.5 | 12 | 12.25 | 92 | 58.88 | 61.33 | 60.08 |
| LADRILLO | 6 | 5.5 | 5.5 | 806 | 806 | 921.14 | 859.73 |

Como indica el cuadro cada escenario viene hacer un piso es decir el piso 5, 6 y 7 respectivamente, el cuadro de evalúa de acuerdo al tiempo y al rendimiento.

Tabla 12: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| ELEMENTO | VACIADO | | | metrado | rendimiento | rendimiento | rendimiento |
|---------------|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 ESCENARIO | 2 ESCENARIO | 3 ESCENARIO | | | | |
| P1 | 1.5 | 1.25 | 1 | 0.86 | 4.59 | 5.50 | 6.88 |
| P2 | 2 | 2.5 | 2.25 | 4.03 | 16.12 | 12.90 | 14.33 |
| P3 | 1.5 | 1.25 | 1.3 | 1.28 | 6.83 | 8.19 | 7.88 |
| P4 | 2.5 | 2.25 | 2.25 | 4.21 | 13.47 | 14.97 | 14.97 |
| P5 | 2.75 | 2.5 | 2 | 2.95 | 8.58 | 9.44 | 11.80 |
| P6 | 2.5 | 2.5 | 2.25 | 2.68 | 8.58 | 8.58 | 9.53 |
| C1 | 0.75 | 0.5 | 0.5 | 0.56 | 6.00 | 9.00 | 9.00 |
| C2 | 1 | 0.75 | 0.75 | 0.56 | 4.50 | 6.00 | 6.00 |
| VIGAS Y LOSAS | 5 | 4.75 | 4.5 | 14.73 | 23.57 | 24.81 | 26.19 |

Teniendo los rendimientos resultados de la aplicación del método de líneas de balance se procede a la comparación del método tradicional es decir con diagrama de Gantt y el diagrama aplicando líneas de balance.

Como fueron 3 pisos será un cuadro por piso para poder tener un mayor control y poder determinar el coeficiente de eficiencia el cual se promediara para que resulte la eficiencia total de obra.

Hay que tomar en cuenta en algunas partidas la eficiencia dará menor que 1 ya que el rendimiento fue menor por lo mismo que se empleó menos mano de obra.

Tabla 13: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| ELEMENTO | CUADRO COMPARATIVO DE EFICIENCIA | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------------------|-------------------|------|------|--------------|-------------|-------------------|----|------|-------------|
| | DATOS OBTENIDOS APLICANDO | | | | | | | | | |
| | PARTIDA | LINEAS DE BALANCE | | | | RENDIMIENTO | DIAGRAMA DE GANTT | | | RENDIMIENTO |
| | | MANO DE OBRA | | | MANO DE OBRA | | | | | |
| | OPERARIO | OFICIAL | PEON | | OPERARIO | OFICIAL | PEON | | | |
| PLACA 01 | ENCOFRADO | 2.00 | 0.00 | 1.00 | 14.40 | 1 | 1 | 0 | 10 | |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 4.59 | 2 | 2 | 10 | 10 | |
| PLACA 02 | ENCOFRADO | 2.00 | 0.00 | 2.00 | 27.96 | 1 | 1 | 0 | 10 | |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 16.12 | 2 | 2 | 10 | 10 | |
| PLACA 03 | ENCOFRADO | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 18.35 | 1 | 1 | 0 | 10 | |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 6.83 | 2 | 2 | 10 | 10 | |
| PLACA 04 | ENCOFRADO | 2.00 | 0.00 | 1.00 | 32.00 | 1 | 1 | 0 | 10 | |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 13.47 | 2 | 2 | 10 | 10 | |
| PLACA 05 | ENCOFRADO | 2.00 | 0.00 | 1.00 | 20.80 | 1 | 1 | 0 | 10 | |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 3.00 | 8.58 | 2 | 2 | 10 | 10 | |
| PLACA 06 | ENCOFRADO | 2.00 | 0.00 | 1.00 | 16.80 | 1 | 1 | 0 | 10 | |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 3.00 | 8.58 | 2 | 2 | 10 | 10 | |
| COLUM 1 | ENCOFRADO | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 24.00 | 1 | 1 | 0 | 10 | |
| | VACIADO | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 6.00 | 2 | 2 | 10 | 10 | |
| COLUM 2 | ENCOFRADO | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 24.00 | 1 | 1 | 0 | 10 | |
| | VACIADO | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 4.50 | 2 | 2 | 10 | 10 | |
| VIGAS Y LOSAS | ENCOFRADO VIGAS | 4.00 | 0.00 | 1.00 | 58.88 | 1 | 1 | 0 | 12 | |
| | ENCOFRADO LOSAS | 4.00 | 0.00 | 1.00 | 61.87 | 1 | 1 | 0 | 12 | |
| | FRIZOS | 4.00 | 0.00 | 1.00 | 50.31 | 1 | 1 | 0 | 24 | |
| | LADRILLO | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 806 | 1 | 1 | 9 | 1600 | |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 6.00 | 23.568 | 3 | 2 | 11 | 25 | |

Tabla 14: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| ELEMENTO | CUADRO COMPARATIVO DE EFICIENCIA | | | | | | | | |
|---------------|----------------------------------|-------------------|----------|---------|-------------|-------------------|---|----|-------------|
| | DATOS OBTENIDOS APLICANDO | | | | | | | | |
| | PARTIDA | LINEAS DE BALANCE | | | | DIAGRAMA DE GANTT | | | |
| | | MANO DE OBRA | | | RENDIMIENTO | MANO DE OBRA | | | RENDIMIENTO |
| OPERARIO | OFICIAL | PEON | OPERARIO | OFICIAL | | PEON | | | |
| PLACA 01 | ENCOFRADO | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 21.60 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 5.50 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| PLACA 02 | ENCOFRADO | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 29.51 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 2.00 | 4.00 | 8.00 | 12.90 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| PLACA 03 | ENCOFRADO | 1.00 | 0.00 | 2.00 | 16.51 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 8.19 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| PLACA 04 | ENCOFRADO | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 28.44 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 2.00 | 4.00 | 8.00 | 14.97 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| PLACA 05 | ENCOFRADO | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 20.80 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 1.00 | 3.00 | 6.00 | 9.44 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| PLACA 06 | ENCOFRADO | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 17.68 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 1.00 | 3.00 | 6.00 | 8.58 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| COLUM 1 | ENCOFRADO | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 28.80 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 2.00 | 2.00 | 5.00 | 9.00 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| COLUM 2 | ENCOFRADO | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 28.80 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 2.00 | 2.00 | 5.00 | 6.00 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| VIGAS Y LOSAS | ENCOFRADO VIGAS | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 61.33 | 1 | 1 | 0 | 12 |
| | ENCOFRADO LOSAS | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 8.19 | 1 | 1 | 0 | 12 |
| | FRIZOS | 2.00 | 1.00 | 0.00 | 14.97 | 1 | 1 | 0 | 24 |
| | LADRILLO | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 9.44 | 1 | 1 | 9 | 1600 |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 6.00 | 24.81 | 3 | 2 | 11 | 25 |

Tabla 15: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| ELEMENTO | CUADRO COMPARATIVO DE EFICIENCIA | | | | | | | | |
|---------------|----------------------------------|-------------------|----------|---------|-------------|-------------------|---|----|-------------|
| | DATOS OBTENIDOS APLICANDO | | | | | | | | |
| | PARTIDA | LINEAS DE BALANCE | | | | DIAGRAMA DE GANTT | | | |
| | | MANO DE OBRA | | | RENDIMIENTO | MANO DE OBRA | | | RENDIMIENTO |
| OPERARIO | OFICIAL | PEON | OPERARIO | OFICIAL | | PEON | | | |
| PLACA 01 | ENCOFRADO | 2.00 | 0.00 | 1.00 | 18.00 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 6.88 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| PLACA 02 | ENCOFRADO | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 31.25 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 14.33 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| PLACA 03 | ENCOFRADO | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 16.51 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 7.88 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| PLACA 04 | ENCOFRADO | 2.00 | 0.00 | 1.00 | 28.44 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 2.00 | 2.00 | 4.00 | 14.97 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| PLACA 05 | ENCOFRADO | 2.00 | 0.00 | 1.00 | 20.80 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 2.00 | 2.00 | 3.00 | 11.80 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| PLACA 06 | ENCOFRADO | 2.00 | 0.00 | 1.00 | 18.67 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 2.00 | 2.00 | 3.00 | 9.53 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| COLUM 1 | ENCOFRADO | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 28.80 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 6.00 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| COLUM 2 | ENCOFRADO | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| | VACIADO | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 26.19 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| VIGAS Y LOSAS | ENCOFRADO VIGAS | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 60.08 | 1 | 1 | 0 | 12 |
| | ENCOFRADO LOSAS | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 63.13 | 1 | 1 | 0 | 12 |
| | FRIZOS | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 56.60 | 1 | 1 | 0 | 24 |
| | LADRILLO | 0.00 | 0.00 | 2.50 | 859.73 | 1 | 1 | 9 | 1600 |
| | VACIADO | 2.00 | 2.00 | 6.00 | 26.19 | 3 | 2 | 11 | 25 |

Estos son los cuadros comparativos de rendimientos empleando el método tradicional y el método líneas de balance, como se puede ver lo rendimientos son mucho más grandes, esto se debe a la metodología empleada en obra.

A continuación se muestran los coeficientes de eficiencia conforme a los cuadros mostrados anteriormente.

Tabla 16: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| DESCRIPCION | | RENDIMIENTO | | |
|---------------|-----------------|-------------|------|------|
| | | ESCENA | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| PLACA 01 | ENCOFRADO | 1.44 | 2.16 | 1.80 |
| | VACIADO | 0.46 | 0.55 | 0.69 |
| PLACA 02 | ENCOFRADO | 2.80 | 2.95 | 3.12 |
| | VACIADO | 1.61 | 1.29 | 1.43 |
| PLACA 03 | ENCOFRADO | 1.83 | 1.65 | 1.65 |
| | VACIADO | 0.68 | 0.82 | 0.79 |
| PLACA 04 | ENCOFRADO | 3.20 | 2.84 | 2.84 |
| | VACIADO | 1.35 | 1.50 | 1.50 |
| PLACA 05 | ENCOFRADO | 2.08 | 2.08 | 2.08 |
| | VACIADO | 0.86 | 0.94 | 1.18 |
| PLACA 06 | ENCOFRADO | 1.68 | 1.77 | 1.87 |
| | VACIADO | 0.86 | 0.86 | 0.95 |
| COLUM 1 | ENCOFRADO | 2.40 | 2.88 | 2.88 |
| | VACIADO | 0.60 | 0.90 | 0.60 |
| COLUM 2 | ENCOFRADO | 2.40 | 2.88 | 0.00 |
| | VACIADO | 0.45 | 0.60 | 2.62 |
| VIGAS Y LOSAS | ENCOFRADO VIGAS | 4.91 | 5.11 | 5.01 |
| | ENCOFRADO LOSAS | 5.16 | 0.68 | 5.26 |
| | FRIZOS | 2.10 | 0.62 | 2.36 |
| | LADRILLO | 0.50 | 0.01 | 0.54 |
| | VACIADO | 0.94 | 0.99 | 1.05 |

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A manera de prueba, se realizarán unos cambios para obtener distintos escenarios y generar un cuadro comparativo donde se puedan visualizar los resultados y las diferencias entre estos. La finalidad principal de este comparativo es de comprobar de que el programa es útil, en el sentido de que refleje la posible situación de cada escenario y de esta manera deducir si este no es beneficioso o no, en función de tema de tiempo como de proceso constructivo.

Para el siguiente escenario se harán variaciones respecto a tiempo y rendimiento por piso. Anteriormente, se consideraba que cada 10 días se tendrá un piso terminado en materia gris, ahora se considerará obtener uno a 9 y a 8 días y de acuerdo a los resultados reflejados se verá si es factible y/o beneficioso realizarlo en el tiempo señalado.

Datos:

- Número de pisos : 12 pisos.
- Rendimiento : 1 piso cada 9 días.
- Duración total de días: 108 días.

Ingresando los datos a la tabla se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 17: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | 8 | | 9 | |
|-----|-------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------|------|--|---|--------|---|
| ACT | H-H POR ACTIVIDAD | TAMAÑO DE CUADRILLA | REQUERIMIENTO TEORICO DE RECURSOS | ASIGNACION REAL DE RECURSOS | RENDIMIENTO REAL | DURACION DE LA ACTIVIDAD | | TIEMPO TRANSCURRIDO DEL INICIO DE LA 1ERA SECCION AL INICIO DE LA ULTIMA | | BUFFER | |
| A | 1848.00 | 4 | 23.1 | 23 | 0.67 | 1.23 | 1.00 | 98.95 | → | 98 | 0 |
| B | 2411.52 | 4 | 30.144 | 30 | 0.66 | 3.20 | 2.00 | 100.46 | → | 100 | 0 |
| C | 1938.816 | 12 | 24.2352 | 24 | 0.65 | 1.97 | 2.00 | 102.01 | → | 101 | 1 |
| D | 2784 | 4 | 34.8 | 30 | 0.68 | 2.98 | 3.00 | 97.63 | → | 97 | 0 |
| E | 1819.584 | 4 | 22.7448 | 22 | 0.66 | 2.30 | 2.00 | 100.00 | → | 100 | 0 |
| F | 531.483322 | 5 | 6.64354152 | 7 | 0.65 | 2.38 | 2.00 | 101.54 | → | 100 | 0 |
| G | 240 | 2 | 3 | 3 | 0.67 | 1.40 | 1.00 | 99.10 | → | 99 | 0 |
| H | 552 | 12 | 6.9 | 7 | 0.66 | 1.30 | 1.00 | 100.68 | → | 100 | 1 |

- **Analizando mano de obra:**

Se puede observar en nuestra hoja de cálculo, la mano de obra es incrementada para compensar la reducción de tiempo de ejecución.

Se analizará si es factible el contratar la cantidad de personal que es señalada en la tabla:

- Teniendo un área de 240 m² podrían trabajar un promedio de 40 personas restando el área de circulación y el área para cada realización de trabajo de cada obrero.

Tabla 18: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| | OPERARIOS | OFICIALES | PEONES | TOTAL |
|---|------------------|------------------|---------------|--------------|
| Habilitación de fierro para columnas | 4 | - | 4 | 8 |
| Encofrado de placas y columnas | 5 | - | 5 | 10 |
| Vaciado de placas y columnas | 6 | 2 | 16 | 24 |
| Encofrado de vigas y losas | 5 | - | 5 | 10 |
| Habilitación de fierro para vigas y losas | 5 | - | 5 | 10 |
| Colocación de ladrillos | - | - | 5 | 5 |
| Vaciado de vigas y losas | 8 | 2 | 16 | 8 |

Sumando el personal total requerido para la obra según la tabla indica 60 obreros, tomando en cuenta que este personal participará en diferentes partidas pero como pueden ver este personal se asigna si es que fuera partidas paralelas y no secuenciales, por ello se tiene que manejar el personal de acuerdo a lo real a como se manejaría en obra.

- **Analizando rendimientos y tiempos de ejecución:**

Suponiendo que los rendimientos son iguales cada partida se demoraría:

Tabla 19: Generación del Sistema de Líneas de Balance

| | DIAS |
|---|-------------|
| Habilitación de fierro para columnas | 2 |
| Encofrado de placas y columnas | 2 |
| Vaciado de placas y columnas | 1 |
| Encofrado de vigas y losas | 2.5 |
| Habilitación de fierro para vigas y losas | 2 |
| Colocación de ladrillos | 1 |
| Vaciado de vigas y losas | 1 |

Se cumplen los 9 días de ejecución ya que la tarea de encofrado de vigas y losas y habilitación fierro de vigas y losas se hacen de forma paralela y conforme el encofrado queda listo se va colocando el ladrillo. Y el día 9 se llega con el vaciado de techo.

V. CONCLUSIONES

En esta última etapa de la Tesis, se alcanzan las conclusiones que se han podido obtener en el diseño del plan maestro aplicando el método líneas de balance en la obra “Edificio Multifamiliar Pedro Urraca”.

5.1 En el diseño del plan maestro se identificó y asoció las actividades más incidentes dentro del proyecto las cuales fueron programadas en función al orden el proceso constructivo y a la disponibilidad de los recursos, tratando de eliminar actividades que no generan valor, luego se ingresaron los datos del proyecto al programa de líneas de balance. Se concluye que gracias a la aplicación del Plan Maestro aplicando líneas de balance la fecha final en la planificación del proyecto es el 13 de Febrero del 2015 la cual está dentro del plazo contractual, 24 días antes de la fecha límite de término del proyecto.

5.2 El Plan Maestro utiliza un programa de líneas de balance de fácil manejo, en la cual se puede ubicar en una gráfica de Elementos vs Tiempo, la cual permite tener una visión global del proyecto, donde se identifican los recursos y la secuencia de actividades; otorgando una herramienta que permite llevar un mejor control a las personas encargadas de la ejecución del proyecto.

5.3 La Planificación por Líneas de balance presenta un mejor detalle las actividades más incidentes en el Plan Maestro, colocando cada actividad a lo largo del proyecto pudiendo ser modificada fácil mente como en cualquier hoja de cálculo, la cual se desplaza en una línea de tiempo a lo largo del proyecto, la misma que permite llevar un mejor control de actividades y recursos a ejecutar.

5.4 Por lo tanto se concluye que la aplicación del método de LDB con apoyo de la informática es sumamente útil. El rango de aplicaciones puede fluctuar desde hojas de cálculo muy sencillas hasta Sistemas Basados en Conocimiento

(Knowledge-Based System - KBS). Pero aún sin el apoyo informático, la programación de proyectos de construcción de tipo repetitivo con la técnica de la Línea de Balance es, sin duda, la mejor opción.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los lectores e interesados en aplicar este método para la planificación de su obra, tener en cuenta lo siguiente:

6.1 Este método y aplicación solo funciona para obras tipo repetitiva es decir, carreteras, edificios de varios pisos con plantas típicas, construcción de casas idénticas, módulos para campamentos, etc.

6.2 El programa diseñado te brinda miles de opciones, todo dependerá del proyectista en saber ordenar y programar para alcanzar la mayor eficiencia, por ello es necesario tener en el área de planeamiento un grupo de ingenieros que tengan una amplia experiencia laboral y que conjuntamente armen un sólido y eficaz plan maestro.

6.3 Este programa de secuencias entre actividades, se debe cumplir para cada uno de los pisos independiente, es decir que como todos los pisos son iguales, cada uno de ellos tendrá una programación individual exactamente igual a la otra, lo único que desfasadas en el tiempo.

6.4 Es importante eliminar y prever las restricciones que comúnmente se presenta en obra, como también armar un plan de contingencia para que asegure de cualquier problema que escape de nuestras manos.

6.5 Hay que tener en cuenta que la aplicación ayudará a reducir los tiempos de ejecución y esto generará una disminución en costos totales del proyecto, por otra parte la mayor velocidad en el consumo de materiales implica un aumento de costos para tener talleres, bodegas, acopios más grandes, etc. Y al impulsar una mayor velocidad de trabajo, serán requeridos una mayor cantidad de equipos que trabajen en paralelo, lo cual puede generar incrementos de costos de escala. Por lo tanto se debe buscar un punto de equilibrio entre los dos aspectos ya señalados, lo cual permitirá determinar el tiempo óptimo de ejecución del proyecto.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

✓ Libros y Revistas

- APOYO Consultoría (2012). *Lineamientos para promover la inversión en infraestructura en el Perú: 2012-2016*. Informe encargado por la Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO. Lima, Perú.
- ALARCON L. F. (2002). “Mejorando la productividad de los proyectos con planificaciones más confiables”. Revista BIT. (26): 29-31.
- Al Zarraj Z.M. “Formal Development of the line of balance technique”. Journal of construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 116, No. 4, Estados Unidos (1994).
- ANTONIO D. RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ (2011). “La Gestión de la Obra desde el punto de vista del Ultimo Planificador”. Revista de Obras Públicas. 158(3.518): 1-6.
- BALLARD H. GLENN (2009). “P2SL REPORT: Current Benchmark in Phase Scheduling”. Draft for Comment. Universidad Berkeley de California EE.UU.
- BALLARD H. GLENN (2000). “The Last Planner System® of Production Control”. A PhD Thesis, School of Civil Engineering, University of Birmingham, 3-1.
- BALLARD GLENN (1994). “The Last Planner”. Northern California. Construction Institute, Monterey, California.
- Diaz R., J. y Loría A., J. H. "Hoja de cálculo para programar con la técnica de la línea de balance". Trabajo desarrollado en la Maestría en Ingeniería-Construcción de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Yucatán. Mérida, México (2002).
- IZQUIERDO J., CERF M. y GOMEZ S. (2011). “Lean Construction education: Basic Management Functions Workshop”. IGLC – 19. Lima, Perú.

- J. M. JURAN (1988). *“Juran's Quality Control Handbook”*. New York: McGraw-Hill Companies.
- KOSKELA, LAURI (1992). *“Application of the New Production Philosophy to Construction”*. CIFE Technical Report # 72. Universidad de Standford EE.UU.
- KOSKELA, LAURI (2000) *“An exploration towards a production theory and its application to construction”*. Tesis Doctoral. Technical Research Centre of Finland, Espoo.
- STALK & HOUT (1990). *“Competing against time: How time-based competition is reshaping global markets”*. New York: Free Press.
- ROBERT C. CAMP (1989). *“Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance”*. Milwaukee: Asq Pr.

✓ **Páginas Web.**

- LEAN CONSULTING. <http://www.leanconsulting.es>
- VISION LEAN. <http://www.vision-lean.es>
- LINEAS DE BALANCE. <https://prezi.com/paoat2lsj4m/lob/>

VIII. ANEXOS

PANEL FOTOGRÁFICO

















RESUMEN DE METRADOS

PLANILLA DE METRADOS DE ACERO - PLACAS Y COLUMNAS

OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR PEDRO URRACA
 UBICACIÓN : CALLE PEDRO URRACA URB. SAN ANDRES
 PROPIETARI: DF SAC.

| OBRAS DE CONCRETO ARMADO | | | | | | |
|--------------------------|-------|---------|----------------|---------|-----------|-----------|
| PLACAS Y COLUMNAS | | | | | | |
| ACERO Fy = 2400 Kg/ cm2 | | | | | | |
| DESCRIPCION | LARGO | # VECES | # REPETICIONES | ESPESOR | PESO x ml | SUB TOTAL |
| PLACA 01 | 2.75 | 16 | 1 | 5/8" | 1.552 | 68.288 |
| | 2.75 | 6 | 1 | 12mm | 0.89 | 14.685 |
| PLACA 02 | 2.75 | 32 | 1 | 5/8" | 1.552 | 136.576 |
| | 2.75 | 58 | 1 | 12mm | 0.89 | 141.955 |
| PLACA 03 | 2.75 | 16 | 1 | 12mm | 0.89 | 39.16 |
| PLACA 04 | 2.75 | 64 | 1 | 12mm | 0.89 | 156.64 |
| PLACA 05 | 2.75 | 36 | 1 | 12mm | 0.89 | 88.11 |
| PLACA 06 | 2.75 | 40 | 1 | 12mm | 0.89 | 97.9 |
| COLUMNA 01 | 2.75 | 4 | 6 | 3/4" | 2.235 | 147.51 |
| | 2.75 | 10 | 6 | 5/8" | 1.552 | 256.08 |
| COLUMNA 02 | 2.75 | 4 | 3 | 3/4" | 2.235 | 73.755 |
| | 2.75 | 8 | 3 | 5/8" | 1.552 | 102.432 |
| COLUMNA 03 | 2.75 | 4 | 1 | 3/4" | 2.235 | 24.585 |
| | 2.75 | 8 | 1 | 5/8" | 1.552 | 34.144 |
| ESTRIBOS | | | | | | |
| ESTRIBOS PLACA 01 | 2.7 | 14 | 1 | 12mm | 0.89 | 33.642 |
| | 1.36 | 24 | 2 | 3/8" | 0.56 | 36.5568 |
| ESTRIBOS PLACA 02 | 4.8 | 14 | 2 | 12mm | 0.89 | 119.616 |
| | 2.45 | 14 | 4 | 12mm | 0.89 | 122.108 |
| | 1.06 | 24 | 2 | 3/8" | 0.56 | 28.4928 |
| | 0.96 | 24 | 2 | 3/8" | 0.56 | 25.8048 |
| ESTRIBOS PLACA 03 | 2.28 | 14 | 2 | 12mm | 0.89 | 56.8176 |
| ESTRIBOS PLACA 04 | 5.2 | 14 | 2 | 12mm | 0.89 | 129.584 |
| | 2.4 | 14 | 4 | 12mm | 0.89 | 119.616 |
| ESTRIBOS PLACA 05 | 4.95 | 14 | 2 | 12mm | 0.89 | 123.354 |
| ESTRIBOS PLACA 06 | 5.55 | 14 | 2 | 12mm | 0.89 | 138.306 |
| COLUMNA 1,2y3 | 1.85 | 23 | 2 | 3/8" | 0.56 | 47.656 |
| | 1.5 | 23 | 2 | 3/8" | 0.56 | 38.64 |
| | | | | | | 2402.014 |

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:

| DIÁMETRO DE BARRA | | SECCIÓN (mm ²) | PERÍMETRO (mm) | PESO (kg/m) | ALTURA DE LOS RESALTES (mm - mín) |
|-------------------|----|----------------------------|----------------|-------------|-----------------------------------|
| Pulg. | mm | | | | |
| - | 6 | 28.0 | 18.8 | 0.222 | 0.24 |
| - | 8 | 50.0 | 25.1 | 0.400 | 0.32 |
| 3/8" | - | 71.0 | 29.9 | 0.560 | 0.38 |
| - | 12 | 113.0 | 37.7 | 0.890 | 0.48 |
| 1/2" | - | 129.0 | 39.9 | 0.994 | 0.51 |
| 5/8" | - | 199.0 | 49.9 | 1.552 | 0.71 |
| 3/4" | - | 284.0 | 59.8 | 2.235 | 0.97 |
| 1" | - | 510.0 | 79.8 | 3.973 | 1.27 |
| 1 3/8" | - | 1,006.0 | 112.5 | 7.907 | 1.80 |

PLANILLA DE METRADOS DE CONCRETO Y ENCOFRADO- PLACAS Y COLUMNAS

OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR PEDRO URRACA
 UBICACIÓN : CALLE PEDRO URRACA URB. SAN ANDRES
 PROPIETARIO: DF SAC.

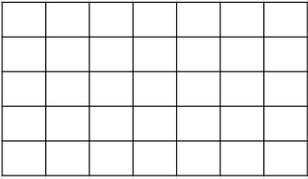
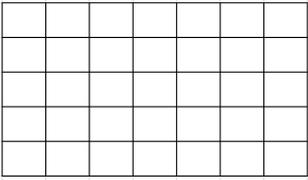
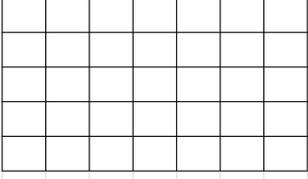
| OBRAS DE CONCRETO ARMADO | | | | | |
|---------------------------------|--------|--------|-------|---------|------------------|
| PLACAS Y COLUMNAS | | | | | |
| CONCRETO F'C = 240 Kg/ cm2 | | | | | |
| DESCRIPCION | ALTURA | ANCHO | LARGO | # VECES | SUB TOTAL |
| | | AREA | | | |
| PLACA 01 | 2.25 | 0.4 | 0.95 | 1 | 0.855 |
| PLACA 02 | 2.25 | 1.5425 | | 1 | 3.470625 |
| PLACA 03 | 2.25 | 0.2 | 1.58 | 1 | 0.711 |
| PLACA 04 | 2.25 | 0.2 | 6.2 | 1 | 2.79 |
| PLACA 05 | 2.25 | 0.2 | 3.45 | 1 | 1.5525 |
| PLACA 06 | 2.25 | 0.2 | 4.05 | 1 | 1.8225 |
| COLUMNA 1 | 2.25 | 0.5 | 0.5 | 6 | 3.375 |
| COLUMNA 2 | 2.25 | 0.5 | 0.5 | 3 | 1.6875 |
| COLUMNA 3 | 2.25 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0.5625 |
| | | | | | 16.826625 |

| ENCOFRADO |
|------------------|
| 6.075 |
| 33.75 |
| 8.01 |
| 28.8 |
| 16.425 |
| 19.125 |
| 4.5 |
| 4.5 |
| 4.5 |
| 125.685 |

PLANILLA DE METRADOS DE ACERO - LOSA MACIZA

OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR PEDRO URRACA
 UBICACIÓN : CALLE PEDRO URRACA URB. SAN ANDRES
 PROPIETARI: DF SAC.
 FECHA : Ago:

| N° | DESCRIPCIÓN | Ø | N° DE ELEMENTOS IGUALES | N° PIEZAS POR ELEMENTO | LONG. POR PIEZA (m) | LONGITUDES PARCIALES (m) | | | | | | | | | |
|----|---|---|-------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|-----|------|------|------|------|------|--|--|--|
| | | | | | | 1/4" | 8mm | 3/8" | 1/2" | 5/8" | 3/4" | 1" | | | |
| | | | | | | 0.25 | 0.4 | 0.56 | 0.99 | 1.55 | 2.24 | 3.97 | | | |
| | ARMADURA DE ACERO fy=4200 Kg/cm2 | | | | | | | | | | | | | | |

| LOSA MACIZA | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|---|-------|------|---|-------|------|--|--|------|--|--|--|
| LARGO | 2.95 | ESPACIAMIENTO = | 0.175 | | | | | | | | | | |
| ANCHO | 0.95 | | | | | | | | | | | | |
| | | 2.95 | | | | | | | | | | | |
| | |  | | 3/8" | 2 | 16.86 | 0.85 | | | 28.7 | | | |
| | 0.95 | | | 3/8" | 2 | 5.43 | 2.85 | | | 31 | | | |
| LARGO | 2.95 | ESPACIAMIENTO = | 0.175 | | | | | | | | | | |
| ANCHO | 0.95 | | | | | | | | | | | | |
| | | 2.00 | | | | | | | | | | | |
| | |  | | 3/8" | 2 | 11.43 | 0.85 | | | 19.4 | | | |
| | 0.95 | | | 3/8" | 2 | 5.43 | 1.9 | | | 20.6 | | | |
| LARGO | 2.95 | ESPACIAMIENTO = | 0.175 | | | | | | | | | | |
| ANCHO | 0.95 | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.35 | | | | | | | | | | | |
| | |  | | 3/8" | 2 | 7.72 | 1.85 | | | 28.6 | | | |
| | 1.95 | | | 3/8" | 2 | 11.15 | 1.25 | | | 27.9 | | | |

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|--------|------|------|------|--------------|
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | 0.00 | 0.00 | 156.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | 0.00 | 0.00 | 87.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | 87.50 |

PLANILLA DE METRADOS DE CONCRETO - LOSA MACIZA

OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR PEDRO URRACA
 UBICACIÓN : CALLE PEDRO URRACA URB. SAN ANDRES
 PROPIETARIO : DF SAC.

| OBRAS DE CONCRETO ARMADO | | | | | |
|----------------------------|---------|-------|-------|---------|----------------|
| LOSA MACIZA | | | | | |
| CONCRETO F'c = 240 Kg/ cm2 | | | | | |
| DESCRIPCION | ESPESOR | ANCHO | LARGO | # VECES | SUB TOTAL |
| | | AREA | | | |
| AREA 1 | 0.25 | 0.95 | 2.95 | 1 | 0.700625 |
| AREA 2 | 0.25 | 0.95 | 2.00 | 1 | 0.475 |
| AREA 3 | 0.25 | 1.95 | 1.35 | 1 | 0.658125 |
| | | | | | 1.83375 |

PLANILLA DE METRADOS DE ACERO - LOSA ALIGERADA

: EDIFICIO MULTIFAMILIAR PEDRO URRACA
 : CALLE PEDRO URRACA URB. SAN ANDRES
 : DF SAC.

ACERO kg 295.25

| | Kg/ml | # V. | Cant. | Long. | Long.total | 1/4" | 8mm | 3/8" | 1/2" | Kg |
|--|-------|------|-------|-------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| | | | | | | 0.25 | 0.39 | 0.58 | 1.02 | |
| 1er piso | | | | | | | | | | |
| P | 0.58 | 1 | 5 | 9.50 | 47.50 | 0.00 | 0.00 | 47.50 | 0 | 27.550 |
| N | 0.58 | 1 | 5 | 1.10 | 5.50 | 0.00 | 0.00 | 5.50 | 0 | 3.190 |
| N | 0.58 | 1 | 5 | 3.80 | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 19.00 | 0 | 11.020 |
| N | 0.58 | 1 | 5 | 3.10 | 15.50 | 0.00 | 0.00 | 15.50 | 0 | 8.990 |
| T | 0.25 | 1 | 29 | 4.1 | 118.90 | 118.90 | 0.00 | 0.00 | 0 | 29.725 |
| P | 0.58 | 1 | 11 | 6.95 | 76.45 | 0.00 | 0.00 | 76.45 | 0 | 44.341 |
| T | 0.25 | 1 | 21 | 2.95 | 61.95 | 61.95 | 0.00 | 0.00 | 0 | 15.488 |
| P | 0.58 | 1 | 11 | 6.95 | 76.45 | 0.00 | 0.00 | 76.45 | 0 | 44.341 |
| N | 0.58 | 1 | 11 | 7.50 | 82.50 | 0.00 | 0.00 | 82.50 | 0 | 47.850 |
| P | 0.58 | 1 | 10 | 6.20 | 62.00 | 0.00 | 0.00 | 62.00 | 0 | 35.960 |
| P | 0.58 | 1 | 8 | 1.9 | 15.20 | 0.00 | 0.00 | 15.20 | 0 | 8.816 |
| N | 0.58 | 1 | 10 | 1.1 | 11.00 | 0.00 | 0.00 | 11.00 | 0 | 6.380 |
| N | 0.58 | 1 | 10 | 2 | 20.00 | 0.00 | 0.00 | 20.00 | 0 | 11.600 |
| Longitud (ml) hasta el 1er Piso | | | | | | 21 | 1 | 49 | 1 | 295.25 |
| Nº Varillas hasta el 1er Piso | | | | | | Var. | Var. | Var. | Var. | |

PLANILLA DE METRADOS DE CONCRETO Y ENCOFRADO - LOSA ALIGERADA

OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR PEDRO URRACA
 UBICACIÓN : CALLE PEDRO URRACA URB. SAN ANDRES
 PROPIETARIO : DF SAC.

| CONCRETO m3 | | | | | 8.46 |
|-----------------------|------|-------|-------|--------|-------------|
| Descripción | # V. | Largo | Ancho | Altura | Total |
| 1er piso | | | | | |
| A1 (1.1) | 1 | 4.2 | 3.45 | 0.0875 | 1.268 |
| 1.2 | 1 | 2.76 | 3.45 | 0.0875 | 0.833 |
| 1.3 | 1 | 3.6 | 5.4 | 0.0875 | 1.701 |
| 1.4 | 1 | 2.75 | 5.4 | 0.0875 | 1.299 |
| A2 (2.1) | 1 | 1.65 | 2.2 | 0.0875 | 0.318 |
| A3 (3.1) | 1 | 1.9 | 3.9 | 0.0875 | 0.648 |
| 3.2 | 1 | 5.4 | 3.9 | 0.0875 | 1.843 |
| A4 (4.1) | 1 | 3.3 | 1.9 | 0.0875 | 0.549 |
| Total del Piso | | | | | 8.46 |

| ENCOFRADO m2 | | | | | 96.67 |
|-----------------------|------|-------|-------|--------------|--------------|
| Descripción | # V. | Largo | Ancho | Total | |
| 1er piso | | | | | |
| A1 (1.1) | 1 | 4.2 | 3.45 | 14.490 | |
| | 1 | 2.76 | 3.45 | 9.522 | |
| | 1 | 3.6 | 5.4 | 19.440 | |
| | 1 | 2.75 | 5.4 | 14.850 | |
| A2 (2.1) | 1 | 1.65 | 2.2 | 3.630 | |
| A3 (3.1) | 1 | 1.9 | 3.9 | 7.410 | |
| | 1 | 5.4 | 3.9 | 21.060 | |
| A4 (4.1) | 1 | 3.3 | 1.9 | 6.270 | |
| Total del Piso | | | | 96.67 | |

PLANILLA DE METRADOS DE LADRILLO - LOSA ALIGERADA

OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR PEDRO URRACA
 UBICACIÓN : CALLE PEDRO URRACA URB. SAN ANDRES
 PROPIETARIO : DF SAC.

| DESCRIPCION | LARGO | ANCHO | # DE LADRILLO / M2 | PARCIAL |
|--------------|-------|-------|--------------------|---------------|
| AREA 1 | 4.2 | 3.45 | 8.33 | 120.7017 |
| AREA 2 | 2.76 | 3.45 | 8.33 | 79.31826 |
| AREA 3 | 3.6 | 5.4 | 8.33 | 161.9352 |
| AREA 4 | 2.75 | 5.4 | 8.33 | 123.7005 |
| AREA 5 | 1.65 | 2.2 | 8.33 | 30.2379 |
| AREA 6 | 1.9 | 3.9 | 8.33 | 61.7253 |
| AREA 7 | 5.4 | 3.9 | 8.33 | 175.4298 |
| AREA 8 | 3.3 | 1.9 | 8.33 | 52.2291 |
| TOTAL | | | | 805.28 |

PLANILLA DE METRADOS DE ENCOFRADO - VIGAS

OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR PEDRO URRACA
 UBICACIÓN : CALLE PEDRO URRACA URB. SAN ANDRES
 PROPIETARIC : DF SAC.

| DESCRIPCION | CANT. | LARGO | ANCHO | ALTURA | TOTAL |
|--|-------|-------|-------|--------|--------------|
| ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGAS | | | | | 92.85 |
| V201 (35x50) Eje A , 1-2 | 1 | 4.8 | 0.35 | 0.50 | 5.15 |
| V201 (35x50) Eje A , 2-3 | 1 | 3.10 | 0.35 | 0.50 | 3.45 |
| V201 (35x50) Eje A , 3-4 | 1 | 4.35 | 0.35 | 0.50 | 4.70 |
| V201 (35x50) Eje C , 1'-2 | 1 | 4.20 | 0.35 | 0.50 | 4.55 |
| V201 (35x50) Eje C , 2-3 | 1 | 3.10 | 0.35 | 0.50 | 3.45 |
| V201 (35x50) Eje C , 3-4 | 1 | 4.35 | 0.35 | 0.50 | 4.70 |
| V201 (50x60) Eje A , 4-5 | 1 | 2.15 | 0.6 | 0.50 | 2.75 |
| V202 (35x50) Eje B , 1'-2 | 1 | 4.20 | 0.35 | 0.50 | 4.55 |
| V202 (35x50) Eje B , 2-3 | 1 | 3.10 | 0.35 | 0.50 | 3.45 |
| V202 (35x50) Eje B , 3-4 | 1 | 4.35 | 0.35 | 0.50 | 4.70 |
| V202 (35x50) Eje B , 4-5 | 1 | 2.15 | 0.35 | 0.50 | 2.50 |
| V203 (25x50) Eje A- B , 5 | 1 | 3.30 | 0.35 | 0.50 | 3.65 |
| V204 (35x50) Eje A- B , 1 | 1 | 3.30 | 0.35 | 0.50 | 3.65 |
| V204 (35x50) Eje B-C , 1 | 1 | 5.20 | 0.35 | 0.50 | 5.55 |
| V205 (35x50) Eje A-B , 2 | 1 | 3.30 | 0.35 | 0.50 | 3.65 |
| V205 (35x50) Eje B-C , 2 | 1 | 5.20 | 0.35 | 0.50 | 5.55 |
| V206 (35x50) Eje A-B , 3 | 1 | 3.30 | 0.35 | 0.50 | 3.65 |
| V206 (35x50) Eje B-C , 3 | 1 | 5.20 | 0.35 | 0.50 | 5.55 |
| V207 (35x50) Eje A-B , 4 | 1 | 3.3 | 0.35 | 0.50 | 3.65 |
| V207 (35x50) Eje B-C , 4 | 1 | 5.2 | 0.35 | 0.50 | 5.55 |
| V208 (15x50) Eje A',3-3" | 1 | 1.5 | 0.15 | 0.50 | 1.65 |
| V208 (15x50) Eje B',3-4 | 1 | 3.9 | 0.15 | 0.50 | 4.05 |
| V208 (15x50) Eje B1,3-3' | 1 | 1.35 | 0.15 | 0.50 | 1.50 |
| V208 (15x50) Eje B2,2'-3 | 1 | 1.1 | 0.15 | 0.50 | 1.25 |

PLANILLA DE METRADOS DE CONCRETO - VIGAS

OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR PEDRO URRACA
 UBICACIÓN : CALLE PEDRO URRACA URB. SAN ANDRES CONCRETO F' C 210KG/CM2 EN VIGAS
 PROPIETARIO: DF SAC.

| DESCRIPCION | CANT. | ALTURA |
|---|-----------|--------------|
| CONCRETO F' C 210KG/CM2 EN VIGAS | | M3 |
| | | 14.49 |
| V201 (35x50) Eje A , 1-2 | AREA 1.68 | 0.5 0.84 |
| V201 (35x50) Eje A , 2-3 | AREA 1.09 | 0.5 0.5425 |
| V201 (35x50) Eje A , 3-4 | AREA 1.54 | 0.5 0.77 |
| V201 (35x50) Eje C , 1'-2 | AREA 1.47 | 0.5 0.735 |
| V201 (35x50) Eje C , 2-3 | AREA 0.90 | 0.5 0.45 |
| V201 (35x50) Eje C , 3-4 | AREA 1.54 | 0.5 0.77 |
| V201 (50x60) Eje A , 4-5 | AREA 1.30 | 0.5 0.65 |
| V202 (35x50) Eje B , 1'-2 | AREA 1.48 | 0.5 0.74 |
| V202 (35x50) Eje B , 2-3 | AREA 1.09 | 0.5 0.5425 |
| V202 (35x50) Eje B , 3-4 | AREA 1.54 | 0.5 0.77 |
| V202 (35x50) Eje B , 4-5 | AREA 0.76 | 0.5 0.38 |
| V203 (25x50) Eje A- B , 5 | AREA 0.82 | 0.5 0.41 |
| V204 (35x50) Eje A- B , 1 | AREA 1.48 | 0.5 0.74 |
| V204 (35x50) Eje B-C , 1 | AREA 1.88 | 0.5 0.94 |
| V205 (35x50) Eje A-B , 2 | AREA 1.18 | 0.5 0.59 |
| V205 (35x50) Eje B-C , 2 | AREA 1.88 | 0.5 0.94 |
| V206 (35x50) Eje A-B , 3 | AREA 1.18 | 0.5 0.59 |
| V206 (35x50) Eje B-C , 3 | AREA 1.88 | 0.5 0.94 |
| V207 (35x50) Eje A-B , 4 | AREA 1.18 | 0.5 0.59 |
| V207 (35x50) Eje B-C , 4 | AREA 1.88 | 0.5 0.94 |
| V208 (15x50) Eje A',3-3'' | AREA 0.26 | 0.5 0.13 |
| V208 (15x50) Eje B',3-4 | AREA 0.58 | 0.5 0.29 |
| V208 (15x50) Eje B1,3-3' | AREA 0.22 | 0.5 0.11 |
| V208 (15x50) Eje B2,2'-3 | AREA 0.18 | 0.5 0.09 |

PLANILLA DE METRADOS DE ACERO - VIGAS

OBRA : EDIFICIO MULTIFAMILIAR PEDRO URRACA
 UBICACIÓN : CALLE PEDRO URRACA URB. SAN ANDRES
 PROPIETARI : DF SAC.

| N° | DESCRIPCIÓN | Ø | N° DE ELEMENTOS IGUALES | N° PIEZAS POR ELEMENTO | LONG. POR PIEZA (m) | LONGITUDES PARCIALES (m) | | | | | | | |
|----|--------------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|-----|------|------|------|------|----|--|
| | | | | | | 1/4" | 8mm | 3/8" | 1/2" | 5/8" | 3/4" | 1" | |
| | VIGAS PERAL TADAS | | | | | | | | | | | | |

| V201 (35x50) Eje A , 1-2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | b= | 0.35 | L= | 4.20 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.95 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 4.12 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 4.72 | | 9.4 | | | | |
| | | | | | | 4.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 4.12 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 4.72 | | 4.7 | | | | |
| | | | | | | 4.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 4.12 | 0.00 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 4.42 | 8.8 | | | | | |
| | | | | | | 4.42 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.70 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 4.12 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 4.72 | | 9.4 | | | | |
| | | | | | | 4.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 4.12 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 4.72 | | 4.7 | | | | |
| | | | | | | 4.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 4.12 | 0.00 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 4.42 | 8.8 | | | | | |
| | | | | | | 4.42 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | 0.420 | | 0.270 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 32.00 | 1.70 | 54.4 | | | | | |
| | | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 54.40 | 17.60 | 9.40 | 18.80 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 30.50 | 17.40 | 14.60 | 42.10 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | | | | | | | 104.6 |

| V201 (35x50) Eje A , 2-3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|-------|----------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|
| | b= | 0.35 | L= | 2.60 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.95 | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 3.12 | | | | 6.2 | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.30 | LT | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 3.12 | | | 3.1 | | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.30 | LT | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 2.82 | | 5.6 | | | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.00 | LT | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 2.82 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.70 | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 3.12 | | | | 6.2 | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.30 | LT | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 3.12 | | | 3.1 | | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.30 | LT | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 2.82 | | 5.6 | | | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.00 | LT | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 2.82 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | | 0.420 | 0.270 | 0.16 | 3/8" | 1.00 | 24.00 | 1.70 | | 40.8 | | | | | |
| | | | | | | LT | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 40.80 | 11.20 | 6.20 | 12.40 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 22.80 | 11.10 | 9.60 | 27.80 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 71.3 | | | | | | |

| V201 (35x50) Eje A , 3-4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|----|----------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| | b= | 0.35 | L= | 2.05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.95 | | | | | | | | | | | | 5.1 | | |
| | | | | | | 0.30 | 1.97 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 2.57 | | | | | | |
| | | | | | | | | | 2.57 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | | 2.6 | | |
| | | | | | | 0.30 | 1.97 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 2.57 | | | | | | |
| | | | | | | | | | 2.57 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | 4.5 | | | |
| | | | | | | 0.30 | 1.97 | 0.00 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 2.27 | | | | | | |
| | | | | | | | | | 2.27 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.70 | | | | | | | | | | | | 5.1 | | |
| | | | | | | 0.30 | 1.97 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 2.57 | | | | | | |
| | | | | | | | | | 2.57 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | | 2.6 | | |
| | | | | | | 0.30 | 1.97 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 2.57 | | | | | | |
| | | | | | | | | | 2.57 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | 4.5 | | | |
| | | | | | | 0.30 | 1.97 | 0.00 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 2.27 | | | | | | |
| | | | | | | | | | 2.27 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | | | | | 0.420 | 0.270 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 20.00 | 1.70 | | | 34 | | | |
| | | | | | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 34.00 | 9.00 | 5.20 | 10.20 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 19.00 | 8.90 | 8.10 | 22.80 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | | | | 58.8 | | | | | | |

| V201 (35x50) Eje C , 1'-2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|-------------|---------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| | b= 0.35 | L= 3.45 | | | | | | | | | | | | | | |
| | h= 0.50 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.95 | | | | | | | | | | | 7.9 | | |
| | | 0.30 | 3.37 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 3.97 | | | | | | | |
| | | | | | 3.97 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 | | | | | | | | | | 4 | | | |
| | | 0.30 | 3.37 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 3.97 | | | | | | | |
| | | | | | 3.97 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 | | | | | | | | | 7.3 | | | | |
| | | 0.30 | 3.37 | 0.00 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.67 | | | | | | | |
| | | | | | 3.67 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.70 | | | | | | | | | | | 7.9 | | |
| | | 0.30 | 3.37 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 3.97 | | | | | | | |
| | | | | | 3.97 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 | | | | | | | | | | 4 | | | |
| | | 0.30 | 3.37 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 3.97 | | | | | | | |
| | | | | | 3.97 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 | | | | | | | | | 7.3 | | | | |
| | | 0.30 | 3.37 | 0.00 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.67 | | | | | | | |
| | | | | | 3.67 | | | | | | | | | | | |
| Estribo | | 0.420 | 0.270 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 28.00 | 1.70 | | | 47.6 | | | | |
| | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 47.60 | 14.60 | 8.00 | 15.80 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 26.70 | 14.50 | 12.40 | 35.40 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 89 | | | | | | |

| V201 (35x50) Eje C , 2-3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|------|
| | b= | 0.35 | L= | 2.60 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.95 | | | | | | | | 6.2 | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 3.12 | | | | | | |
| | | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | 3.1 | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 3.12 | | | | | | |
| | | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | 5.6 | | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.00 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 2.82 | | | | | | |
| | | | | | | 2.82 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.70 | | | | | | | | 6.2 | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 3.12 | | | | | | |
| | | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | 3.1 | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 3.12 | | | | | | |
| | | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | 5.6 | | | | |
| | | | 0.30 | 2.52 | 0.00 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 2.82 | | | | | | |
| | | | | | | 2.82 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | 0.420 | | 0.270 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 24.00 | 1.70 | | 40.8 | | | | |
| | | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 40.80 | 11.20 | 6.20 | 12.40 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 22.80 | 11.10 | 9.60 | 27.80 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 71.3 | | | | | | |

| V201 (35x50) Eje C , 3-4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|----------|-------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| | b= | 0.35 | L= | 3.60 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalme= | 0 | Empalme= | 0.95 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.52 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 4.12 | | | 8.2 | | | |
| | | | | | | 4.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalme= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.52 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 4.12 | | | 4.1 | | | |
| | | | | | | 4.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalme= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.52 | 0.00 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.82 | | 7.6 | | | | |
| | | | | | | 3.82 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalme= | 0 | Empalme= | 0.70 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.52 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 2.00 | 4.12 | | | 8.2 | | | |
| | | | | | | 4.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalme= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.52 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 4.12 | | | 4.1 | | | |
| | | | | | | 4.12 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalme= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.52 | 0.00 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.82 | | 7.6 | | | | |
| | | | | | | 3.82 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | | 0.420 | 0.270 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 29.00 | 1.70 | | 49.3 | | | | |
| | | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 49.30 | 15.20 | 8.20 | 16.40 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 27.60 | 15.00 | 12.70 | 36.70 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 92 | | | | | | |

| V201 (50x60) Eje A, 4-5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-------------|---------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| b= 0.50 | | L= 2.15 | | | | | | | | | | | | | | |
| h= 0.60 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.95 | | | | | | | | | | 8 | | | |
| | | 0.30 | 2.07 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 2.67 | | | | | | | |
| | | | | | 2.67 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 | | | | | | | | | 5.3 | | | | |
| | | 0.30 | 2.07 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 2.00 | 2.67 | | | | | | | |
| | | | | | 2.67 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.70 | | | | | | | | | | 8 | | | |
| | | 0.30 | 2.07 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 2.67 | | | | | | | |
| | | | | | 2.67 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 | | | | | | | | | 5.3 | | | | |
| | | 0.30 | 2.07 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 2.00 | 2.67 | | | | | | | |
| | | | | | 2.67 | | | | | | | | | | | |
| Estribo | | 0.520 | 0.420 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 22.00 | 2.20 | | 48.4 | | | | | |
| | | | | | 2.20 | | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 48.40 | 0.00 | 10.60 | 16.00 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 27.10 | 0.00 | 16.40 | 35.80 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 79.3 | | | | | | |

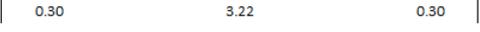
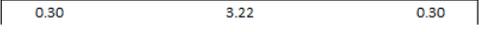
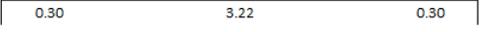
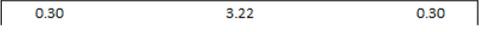
| V202 (35x50) Eje B , 1'-2 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|-------------|---------------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|
| | b= 0.35 | L= 3.60 | | | | | | | | | | | | | |
| | h= 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.95 | | | | | | | | | | | 12.4 | |
| | | | | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 4.12 | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 | | | | | | | | | | | 8.2 | |
| | | | | LT | 5/8" | 1.00 | 2.00 | 4.12 | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.70 | | | | | | | | | | | 12.4 | |
| | | | | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 4.12 | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 | | | | | | | | | | | 8.2 | |
| | | | | LT | 5/8" | 1.00 | 2.00 | 4.12 | | | | | | | |
| Estribo | | 0.420 | 0.270 | 0.16 | | | | | | | | | | | |
| | | | | LT | 3/8" | 1.00 | 29.00 | 1.70 | | | 49.3 | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 49.30 | 0.00 | 16.40 | 24.80 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 27.60 | 0.00 | 25.40 | 55.60 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | 108.6 | | | | | | |

| V202 (35x50) Eje B , 2-3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|----|----------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| | b= | 0.35 | L= | 2.60 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.95 | | | | | | | | 9.4 | | | |
| | | | | | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 3.12 | | | | | | | |
| | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | 6.2 | | | | |
| | | | | | LT | 5/8" | 1.00 | 2.00 | 3.12 | | | | | | | |
| | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.70 | | | | | | | | 9.4 | | | |
| | | | | | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 3.12 | | | | | | | |
| | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | 6.2 | | | | |
| | | | | | LT | 5/8" | 1.00 | 2.00 | 3.12 | | | | | | | |
| | | | | | 3.12 | | | | | | | | | | | |
| Estribo | | 0.420 | | 0.270 | 0.16 | | | | | | 40.8 | | | | | |
| | | | | | LT | 3/8" | 1.00 | 24.00 | 1.70 | | | | | | | |
| | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 40.80 | 0.00 | 12.40 | 18.80 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 22.80 | 0.00 | 19.20 | 42.10 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 84.1 | | | | | | |

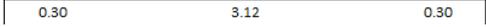
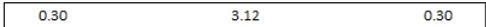
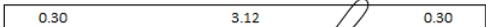
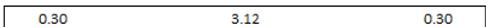
| V202 (35x50) Eje B , 3-4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|----|----------|------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|
| | b= | 0.35 | L= | 3.60 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.95 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 0.30 | 3.52 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 4.12 | | | |
| | | | | | | | | | 4.12 | | | | 12.4 | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 0.30 | 3.52 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 2.00 | 4.12 | | | |
| | | | | | | | | | 4.12 | | | | 8.2 | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.70 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 0.30 | 3.52 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 4.12 | | | |
| | | | | | | | | | 4.12 | | | | 12.4 | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 0.30 | 3.52 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 2.00 | 4.12 | | | |
| | | | | | | | | | 4.12 | | | | 8.2 | | | |
| Estribo | | | | | | 0.420 | 0.270 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 29.00 | 1.70 | | | |
| | | | | | | | | | 1.70 | | | 49.3 | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 49.30 | 0.00 | 16.40 | 24.80 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 27.60 | 0.00 | 25.40 | 55.60 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 108.6 | | | | | | |

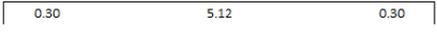
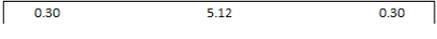
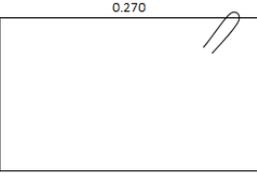
| V202 (35x50) Eje B , 4-5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|-------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| | b= | 0.35 | L= | 2.15 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 2.07 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 3.00 | 2.67 | | 8 | | | | |
| | | | | | | 2.67 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 2.07 | 0.30 | LT | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 2.67 | | 5.3 | | | | |
| | | | | | | 2.67 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 2.07 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 3.00 | 2.67 | | 8 | | | | |
| | | | | | | 2.67 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 2.07 | 0.30 | LT | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 2.67 | | 5.3 | | | | |
| | | | | | | 2.67 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | | 0.420 | 0.270 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 19.00 | 1.70 | | 32.3 | | | | |
| | | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 42.90 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 24.00 | 15.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 39.8 | | | | | | |

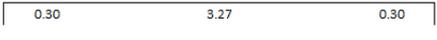
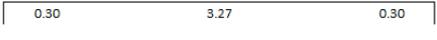
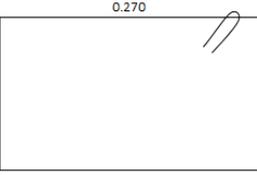
| V203 (25x50) Eje A- B , 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|-------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| | b= | 0.25 | L= | 3.30 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.22 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 3.00 | 3.82 | | | 11.5 | | | |
| | | | | | | 3.82 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.22 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.82 | | 7.6 | | | | |
| | | | | | | 3.82 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.22 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 3.00 | 3.82 | | | 11.5 | | | |
| | | | | | | 3.82 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.22 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.82 | | 7.6 | | | | |
| | | | | | | 3.82 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | | 0.420 | 0.170 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 24.00 | 1.50 | | 36 | | | | |
| | | | | | | 1.50 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 36.00 | 15.20 | 23.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 20.20 | 15.00 | 35.70 | 0.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 70.9 | | | | | | |

| V204 (35x50) Eje A- B , 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------|---------------|---|------------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| | b= 0.35 h= 0.50 | L= 3.30 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N' | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 |  | LT 3.82 | 5/8" | 1.00 | 3.00 | 3.82 | | | | | 11.5 | | |
| Acero longitudinal superior | N' | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 |  | LT 3.82 | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.82 | | | 7.6 | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N' | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 |  | LT 3.82 | 5/8" | 1.00 | 3.00 | 3.82 | | | | 11.5 | | | |
| Acero longitudinal inferior | N' | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 |  | LT 3.82 | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.82 | | | 7.6 | | | | |
| Estribo | | | |  | LT 1.70 | 3/8" | 1.00 | 24.00 | 1.70 | | | 40.8 | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 40.80 | 15.20 | 23.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 22.80 | 15.00 | 35.70 | 0.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 73.5 | | | | | | |

| V204 (35x50) Eje B-C , 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|-------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| | b= | 0.35 | L= | 5.20 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 1" | 1.00 | 2.00 | 5.72 | | | 11.4 | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.04 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 5.64 | | 5.6 | | | | |
| | | | | | | 5.64 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 5.72 | | 11.4 | | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 1" | 1.00 | 2.00 | 5.72 | | | 11.4 | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 5.72 | | 5.7 | | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 5.72 | | 11.4 | | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | | 0.420 | 0.270 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 34.00 | 1.70 | | 57.8 | | | | |
| | | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 57.80 | 22.80 | 11.30 | 0.00 | 22.80 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 32.40 | 22.60 | 17.50 | 0.00 | 90.50 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 163 | | | | | | |

| V205 (35x50) Eje A-B , 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------|---------------|---|------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| | b= 0.35 h= 0.50 | L= 3.20 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 |  | LT 3.72 | 1" | 1.00 | 2.00 | 3.72 | | | | | | 7.4 | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 |  | LT 3.64 | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 3.64 | | | | 3.6 | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 |  | LT 3.72 | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.72 | | | 7.4 | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 |  | LT 3.72 | 1" | 1.00 | 2.00 | 3.72 | | | | | | 7.4 | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 |  | LT 3.72 | 5/8" | 1.00 | 1.00 | 3.72 | | | | 3.7 | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 |  | LT 3.72 | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.72 | | | 7.4 | | | | |
| Estribo | | 0.420 | |  | LT 1.70 | 3/8" | 1.00 | 24.00 | 1.70 | | | 40.8 | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 40.80 | 14.80 | 7.30 | 0.00 | 14.80 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 22.80 | 14.70 | 11.30 | 0.00 | 58.80 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 107.6 | | | | | | |

| V205 (35x50) Eje B-C, 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-------------|---------------|------|------|------|-------|------|--|--|--|------|------|-------|------|------|--------|-------|
| | b= 0.35 h= 0.50 | L= 5.20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N* | Empalmes= 0 | Empalme= 0.95 | | | | | | | | | | | | | | | |
| |  | | | LT | 3/4" | 1.00 | 5.00 | 5.72 | | | | | | | 28.6 | | | |
| Acero longitudinal inferior | N* | Empalmes= 0 | Empalme= 0.70 | | | | | | | | | | | | | | | |
| |  | | | LT | 3/4" | 1.00 | 5.00 | 5.72 | | | | | | | 28.6 | | | |
| Estribo |  | | | LT | 3/8" | 1.00 | 34.00 | 1.70 | | | | | 57.8 | | | | | |
| | | | | 1.70 | | | | | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 57.80 | 0.00 | 0.00 | 57.20 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 32.40 | 0.00 | 0.00 | 128.10 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 160.5 |

| V206 (35x50) Eje A-B, 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-------------|---------------|------|------|------|-------|------|--|--|--|------|------|-------|------|------|-------|-------|
| | b= 0.35 h= 0.50 | L= 3.35 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N* | Empalmes= 0 | Empalme= 0.95 | | | | | | | | | | | | | | | |
| |  | | | LT | 3/4" | 1.00 | 5.00 | 3.87 | | | | | | | 19.4 | | | |
| Acero longitudinal inferior | N* | Empalmes= 0 | Empalme= 0.70 | | | | | | | | | | | | | | | |
| |  | | | LT | 3/4" | 1.00 | 5.00 | 3.87 | | | | | | | 19.4 | | | |
| Estribo |  | | | LT | 3/8" | 1.00 | 25.00 | 1.70 | | | | | 42.5 | | | | | |
| | | | | 1.70 | | | | | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 42.50 | 0.00 | 0.00 | 38.80 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 23.80 | 0.00 | 0.00 | 86.90 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 110.7 |

| V206 (35x50) Eje B-C, 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|-------|----------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|
| | b= | 0.35 | L= | 5.20 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N* | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.95 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 5.72 | | | 17.2 | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N* | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 5.72 | | 11.4 | | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N* | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.70 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 5.72 | | | 17.2 | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N* | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 5.72 | | 11.4 | | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | | 0.420 | 0.270 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 34.00 | 1.70 | | 57.8 | | | | |
| | | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 57.80 | 22.80 | 0.00 | 34.40 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 32.40 | 22.60 | 0.00 | 77.10 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 132.1 | | | | | | |

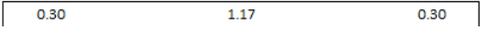
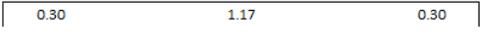
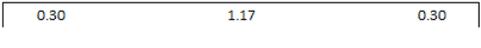
| V207 (35x50) Eje A-B , 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|-------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|------|
| | b= | 0.35 | L= | 3.20 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.95 | | | | | | | | | | | |
| | | 0.30 | 3.12 | 0.30 | | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 3.72 | | | 11.2 | | | |
| | | | | | | 3.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | 0.30 | 3.12 | 0.30 | | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.72 | | 7.4 | | | | |
| | | | | | | 3.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.70 | | | | | | | | | | | |
| | | 0.30 | 3.12 | 0.30 | | LT | 3/4" | 1.00 | 3.00 | 3.72 | | | 11.2 | | | |
| | | | | | | 3.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | 0.30 | 3.12 | 0.30 | | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 3.72 | | 7.4 | | | | |
| | | | | | | 3.72 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | 0.420 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.270 | | 0.16 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | LT | 3/8" | 1.00 | 24.00 | 1.70 | | 40.8 | | | | |
| | | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 40.80 | 14.80 | 0.00 | 22.40 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 22.80 | 14.70 | 0.00 | 50.20 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 87.7 | | | | | | |

| V207 (35x50) Eje B-C , 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|-------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| | b= | 0.35 | L= | 5.20 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 5.72 | | 11.4 | | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 5.72 | | 11.4 | | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 5.72 | | 11.4 | | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 5.12 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 5.72 | | 11.4 | | | | |
| | | | | | | 5.72 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | | 0.420 | 0.270 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 33.00 | 1.70 | | 56.1 | | | | |
| | | | | | | 1.70 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 78.90 | 22.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 44.20 | 22.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 66.8 | | | | | | |

| V208 (15x50) Eje A',3-3'' | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|-------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | b= | 0.15 | L= | 1.15 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 1.07 | 0.30 | LT | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 1.67 | | 3.3 | | | | |
| | | | | | | 1.67 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 1.07 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 1.67 | | 3.3 | | | | |
| | | | | | | 1.67 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 1.07 | 0.30 | LT | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 1.67 | | 3.3 | | | | |
| | | | | | | 1.67 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 1.07 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 1.67 | | 3.3 | | | | |
| | | | | | | 1.67 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | | 0.420 | | | LT | 3/8" | 1.00 | 12.00 | 1.30 | | 15.6 | | | | |
| | | | | 0.070 | 0.16 | 1.30 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 22.20 | 6.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 12.40 | 6.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 18.9 | | | | | | |

| V208 (15x50) Eje B',3-4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------|-------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| | b= | 0.15 | L= | 3.90 | | | | | | | | | | | | |
| | h= | 0.50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.82 | 0.30 | LT | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 4.42 | | 8.8 | | | | |
| | | | | | | 4.42 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.75 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.82 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 4.42 | | 8.8 | | | | |
| | | | | | | 4.42 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.82 | 0.30 | LT | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 4.42 | | 8.8 | | | | |
| | | | | | | 4.42 | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= | 0 | Empalme= | 0.60 | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.30 | 3.82 | 0.30 | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 4.42 | | 8.8 | | | | |
| | | | | | | 4.42 | | | | | | | | | | |
| Estribo | | | 0.420 | 0.070 | 0.16 | LT | 3/8" | 1.00 | 26.00 | 1.30 | | 33.8 | | | | |
| | | | | | | 1.30 | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 51.40 | 17.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 28.80 | 17.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 46.2 | | | | | | |

| V208 (15x50) Eje B1,3-3' | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-------------|---------------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| b= 0.15 | | L= 1.35 | | | | | | | | | | | | | |
| h= 0.50 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N' | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | LT | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 1.87 | | | 3.7 | | | | |
| Acero longitudinal superior | N' | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 1.87 | | | 3.7 | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N' | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | LT | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 1.87 | | | 3.7 | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N' | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | LT | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 1.87 | | | 3.7 | | | | |
| Estribo | | | | LT | 3/8" | 1.00 | 14.00 | 1.30 | | | 18.2 | | | | |
| | | | | 1.30 | | | | | | | | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 25.60 | 7.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 14.30 | 7.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | 21.6 | | | | | | |

| V208 (15x50) Eje B2,2'-3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-------------|---------------|--|------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| b= 0.15 | | L= 1.25 | | | | | | | | | | | | | | |
| h= 0.50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 |  | LT 1.77 | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 1.77 | | | 3.5 | | | | |
| Acero longitudinal superior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.75 |  | LT 1.77 | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 1.77 | | | 3.5 | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 |  | LT 1.77 | 3/8" | 1.00 | 2.00 | 1.77 | | | 3.5 | | | | |
| Acero longitudinal inferior | N° | Empalmes= 0 | Empalme= 0.60 |  | LT 1.77 | 1/2" | 1.00 | 2.00 | 1.77 | | | 3.5 | | | | |
| Estribo | | 0.420 | |  | LT 1.30 | 3/8" | 1.00 | 12.00 | 1.30 | | | 15.6 | | | | |
| LONGITUD POR Ø VARILLA (m) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 22.60 | 7.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO SUB-TOTAL POR Ø VARILLA (Kg) | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 | 12.70 | 6.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL DE ELEMENTO(Kg) | | | | | | | | | | 19.60 | | | | | | |

| RESUMEN | KG |
|---------------------------|--------|
| V201 (35x50) Eje A , 1-2 | 104.6 |
| V201 (35x50) Eje A , 2-3 | 71.3 |
| V201 (35x50) Eje A , 3-4 | 58.8 |
| V201 (35x50) Eje C , 1'-2 | 89 |
| V201 (35x50) Eje C , 2-3 | 71.3 |
| V201 (35x50) Eje C , 3-4 | 92 |
| V201 (50x60) Eje A , 4-5 | 79.3 |
| V202 (35x50) Eje B , 1'-2 | 108.6 |
| V202 (35x50) Eje B , 2-3 | 84.1 |
| V202 (35x50) Eje B , 3-4 | 108.6 |
| V202 (35x50) Eje B , 4-5 | 39.8 |
| V203 (25x50) Eje A- B , 5 | 70.9 |
| V204 (35x50) Eje A- B , 1 | 73.5 |
| V204 (35x50) Eje B-C , 1 | 163 |
| V205 (35x50) Eje A-B , 2 | 107.6 |
| V205 (35x50) Eje B-C , 2 | 160.5 |
| V206 (35x50) Eje A-B , 3 | 110.7 |
| V206 (35x50) Eje B-C , 3 | 132.1 |
| V207 (35x50) Eje A-B , 4 | 87.7 |
| V207 (35x50) Eje B-C , 4 | 66.8 |
| V208 (15x50) Eje A',3-3'' | 18.9 |
| V208 (15x50) Eje B',3-4 | 46.2 |
| V208 (15x50) Eje B1,3-3' | 21.6 |
| V208 (15x50) Eje B2,2'-3 | 19.6 |
| | 1986.5 |