

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS



ESCUELA DE POSTGRADO
Laureate International Universities
MAESTRIA EN DIRECCION DE LA CONSTRUCCIÓN

Tesis para optar el título de magister en Dirección de la construcción

Título:

Sistema de mejoramiento de la productividad en el casco estructural de la obra: “Nuevo hospital de Lima Este – Ate Vitarte”.

Autores:

- Tagle Lostaunau, Américo Obdulio
- Paredes Arce, José Renato
- Iberico Cedrón, Alberto Domingo

Asesor:

- Von Torres, Roberto

Lima, junio del 2014

RESUMEN DE TESIS

La presente tesis tiene como propósito mejorar la productividad en el casco estructural de la obra “Nuevo hospital de Lima Este – Ate Vitarte” a partir de implementar una serie de herramientas de identificación de pérdidas y técnicas que permitan la reducción de las mismas. En la primera parte se presenta el marco teórico y la metodología a emplear luego presentamos el diagnóstico de la situación actual de la productividad en la obra mencionada.

Obtenido el nivel de productividad en base a la evaluación realizada empleando herramientas como “nivel general de actividades” y “carta balance” continuamos con elevar el nivel de la misma en base al planteamiento de mejoras del nivel de productividad, desarrollando dos aspectos: Implementar una planificación de corto plazo e identificando las pérdidas más frecuentes como también las fuentes que las generan.

La presente tesis se desarrolló en una empresa que se dedica a la construcción de obras de ingeniería la cual actualmente se encuentra en la etapa de ejecución del casco estructural de la obra: “Nuevo Hospital de Lima Este – Ate Vitarte”. La Gerencia de la obra mostró interés en la realización de este trabajo, otorgando el apoyo necesario durante su ejecución.



DEDICATORIA

*A Dios por habernos dado
fuerza y salud para cumplir
lo objetivos trazados.*

*A cada una de nuestras
familias por todo el cariño y
apoyo incondicional que siempre
nos han demostrado.*

*A todas aquellas personas que
colaboraron, mediante sus
valiosas opiniones, en el
desarrollo de este trabajo*

INDICE

1	Resumen Ejecutivo	7
1.1	Introducción	7
1.2	Objetivos.....	8
1.3	Situación actual de la obra	8
1.4	Propuesta de mejoras.....	9
1.5	Aplicación del tema, conclusiones y recomendaciones	112
2	Introducción al tema.....	15
3	Objetivos.....	17
3.1	Objetivo general	17
3.2	Objetivos específicos	18
4	Marco Teórico.....	18
4.1	Conceptos generales	19
5	Situación actual del proyecto	36
5.1	Datos Generales:	36
5.2	Descripción del Proyecto	36
5.3	Alcances.....	38
5.4	Organización del Proyecto:.....	40
	Fig. 01. Organigrama de la obra.	41
5.5	Metodología del Trabajo	442
5.6	Presentación y Análisis de Resultados.....	67
6	Propuestas de mejoras	73
7	Conclusiones y recomendaciones.....	93
7.1	Conclusiones.....	93
7.2	Recomendaciones.....	95
8	Fotos de obra	97
9	Bibliografía	100

INDICE DE TABLAS y GRAFICOS

Fig. 01. Concepto de la producción, como flujo.....	20
Tabla 01: Resumen cuadro de áreas del proyecto.....	20
Fig. 02. Concepto de la producción como un proceso para generar valor.....	26
Fig. 03. Organigrama de la obra.....	41
Fig. 04. Composición normal del contenido de trabajo.....	46
Fig. 05. Ejemplo de resultado del trabajo.....	48
Tabla 02: Cuadro de actividades de trabajo contributorios y no contributorios.....	51
Fig. 06. Nivel general de actividad en obra. Muestras del 07 al 12 de octubre.....	57
Fig. 07. Distribución del trabajo contributorio. Muestras del 07 al 12 de octubre.....	57
Fig. 08. Distribución del trabajo no contributorio. Muestras del 07 al 12 de octubre.....	58
Fig. 09. Nivel general de actividad en obra. Muestras del 14 al 19 de octubre.....	60
Fig. 10. Distribución del trabajo contributorio. Muestras del 14 al 19 de octubre.....	60
Fig. 11. Distribución del trabajo no contributorio. Muestras del 14 al 19 de octubre.....	61
Fig. 12. Nivel general de actividad en obra. Muestras del 21 al 26 de octubre.....	63
Fig. 13. Distribución del trabajo contributorio. Muestras del 21 al 26 de octubre.....	63
Fig. 14. Distribución del trabajo no contributorio. Muestras del 21 al 26 de octubre.....	64
Fig. 15. Nivel general de actividad en obra. Muestras del 28 al 06 de Noviembre.....	66
Fig. 16. Distribución del trabajo contributorio. Muestras del 28 al 06 de Noviembre.....	66
Fig. 17. Distribución del trabajo no contributorio. Muestras del 28 al 06 de Noviembre.....	67

Fig. 18. Nivel general de actividad en obra – Promedio de las muestras tomadas.....	69
Fig. 19. Distribución del trabajo no contributorio. Valores promedio antes de implementar la mejora.....	71
Tabla 03: Cuadro de categoría y causas del tiempo no contributorio.....	72
Fig. 20. Ciclo de mejoramiento de la Productividad.....	74
Fig. 21. Comparativo de la distribución del trabajo total, carta balance inicial vs. Carta balance optimizada – Colado de concreto losa aligerada.....	80
Fig. 22. Comparativo de la distribución del trabajo total, carta balance inicial vs. Carta balance optimizada – Colado de concreto en placa.....	82
Fig. 23. Nivel general de actividad en obra: Muestras del 04 al 09 de noviembre (posterior a la implementación de mejoras).....	84
Fig. 24. Distribución del trabajo no contributorio: Muestras del 04 al 09 de noviembre (posterior a la implementación de mejoras).....	84
Fig. 25. Cuadro comparativo. Nivel general de actividad antes y después de implementar la mejora.....	85
Fig. 26. Cuadro comparativo de los tipos de trabajo antes y después de la mejora.....	85
Fig. 27. Cuadro comparativo de las actividades contributorias, antes y después de la mejora.....	86
Fig. 28. Cuadro comparativo de las actividades no contributorias, antes y después de la mejora.....	87
Fig. 29. Cuadro modelo de programación de corto plazo (semanal).....	91
Fig. 30. Cuadro modelo de análisis de restricciones.....	92

**Sistema de mejoramiento de la productividad en el casco estructural de la obra:
“Nuevo hospital de Lima Este – Ate Vitarte”**

1 Resumen Ejecutivo

1.1 Introducción

La máxima productividad de los recursos puede ser una causa muy importante de reducción de costos, particularmente cuando nuestro sector está en pleno crecimiento. Por lo tanto son fundamentales los controles de los recursos del proyecto, ya que ayudan a controlar el flujo del capital.

Para cuantificar la productividad en la obra, se analizó la misma a partir de un estudio del Trabajo, donde se determinó los niveles de ocupación del tiempo; clasificándolos en trabajo *productivo*, *contributorio* y *no contributorio*.

Hacer una clasificación del trabajo en los procesos, se convierte en una herramienta muy útil y ágil a la hora de analizar la productividad de los procesos. En el presente trabajo a partir de las mediciones, se identificaron las actividades *no contributivas* que van disminuyendo el tiempo disponible para realizar el trabajo productivo y es sobre estas actividades que hay que actuar oportunamente, para mejorar la productividad reduciendo las pérdidas y aumentando el trabajo productivo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Implementar una serie de herramientas de identificación y técnicas que permitan la reducción de pérdidas y por consecuencia el mejoramiento de la productividad en el casco estructural de la obra “Nuevo hospital de Lima Este – Ate Vitarte”.

1.2.2 Objetivos específicos

- Presentar el marco teórico y metodología a emplear
- Presentar un diagnóstico de productividad en base a la evaluación realizada en la ejecución de la obra en mención
- Plantear herramientas específicas diseñadas para aumentar la productividad
- Presentar las conclusiones y recomendaciones

1.3 Situación actual de la obra

La productividad se define como “el cociente de la división de la producción entre los recursos usados para lograr dicha producción”

Para el presente estudio se evaluó el nivel de productividad en la obra, considerando entre los recursos solo la mano de obra, debido a que es un factor

crítico, al ser un recurso que generalmente fija el ritmo del trabajo de la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros.¹

Para realizar estas mediciones del nivel de productividad se utilizaron herramientas como la carta balance y nivel general de actividades, con el cual se determinó los niveles de ocupación del personal obrero, clasificándolo en tiempo *productivo*, *contributorios* y *no contributorios*.

De la presente investigación el nivel de productividad de la mano de obra resulta ser 29.00%, registrando un 32.50% el nivel de *trabajos contributorios*, observándose que la mayor cantidad de tiempo, 38.50% es dedicado a actividades *no contributorias*, notándose que se gasta más tiempo en trabajos *no productivos*.

1.4 Propuesta de mejoras

Se trata de aplicar el principio de mejoramiento del desempeño en la construcción, empleando herramientas y técnicas que den respuestas rápidas y oportunas a los problemas básicos de baja productividad en los procesos constructivos. Siendo nuestras metas:

Tomar acciones correctivas que ayuden a superar las deficiencias.

Aumentar la productividad a través de un mejoramiento continuo de las deficiencias en el desarrollo de las operaciones de construcción.

¹ Serpell Bley, Alfredo (1993) Administración de operaciones en construcción. PP 34

Para lograr esto se llevó a cabo un método de control de los métodos y procedimientos de trabajo en campo, con lo cual se dispuso de herramientas básicas para:

Categorizar el tiempo empleado, identificando las causas de ocurrencia de pérdidas, buscando la eficiencia del trabajo productivo, minimizando el tiempo dedicado al contributivo y eliminando el tiempo no contributivo.

- 1.- Identificar pérdidas más frecuentes
- 2.- Identificar las fuentes de pérdidas más frecuentes
- 3.- Entregar información sobre causalidad percibida
- 4.- Con ello, nos permitirá analizar los potenciales impactos de cada fuente.

Para el planteamiento de mejoras del nivel de productividad, desarrollamos dos aspectos:

Implementar una planificación de corto plazo y

El mejoramiento de la productividad, para esto, se identificó las pérdidas más frecuentes como también las fuentes que las generan.

Por lo que nos enfocamos en reducir el nivel de Trabajos *No Contributorios*, identificando las causas de las actividades que aportan para ello para luego formular propuestas de mejora.

De acuerdo a las mediciones de terreno, nos arrojaron valores que nos dieron una dirección hacia donde apuntar y en donde concentrar nuestros esfuerzos para

eliminar pérdidas. Por tanto, apuntamos a reducir los tiempos de desplazamiento, esperas y trabajos rehechos.

Ante esta situación, se sugirió y se implementó utilizar:

Un sistema de trabajo que permita distribuir los materiales al personal con anticipación a la ejecución de las tareas, obteniendo la reducción de la cantidad de viajes, tiempos de espera. Para reforzar esta decisión, se suplió la ausencia de una programación adecuada de la grúa torre, la cual incluía una ampliación horaria en sintonía con la carga de trabajo que se necesitaba.

Definir sectores específicos para acopio de materiales cercano a los lugares de trabajo. Para facilitar esta acción nos apoyamos en la elaboración de Layout de obra. Se obtuvo la disminución de los tiempos de espera y de desplazamientos.

Implementar cuadrillas de apoyo para evitar el transporte excesivo de herramientas y materiales dentro de la obra, creando las cuadrillas exclusivas de armado y desarmado de andamios y ejecución de limpieza. Se implementaron contenedores de basura en cada sector y/o nivel de trabajo para concentrar las actividades de limpieza. Con ello alcanzamos para afinar los tiempos de Trabajo Contributorio.

Involucrando al Residente de obra, Jefe de sector y maestro de obra, se pasó a revisar y/o rediseñar la metodología de trabajo implementada en las tareas críticas y el flujo de materiales de las mismas. Al lograr conocer mejor el proceso de trabajo, es que se obtuvo reducir el tiempo de viajes y esperas, optimizando el número de integrantes en cuadrillas.

Para reducir la cantidad de *trabajos rehechos*. Supervisión y adecuada transmisión de la planificación, siendo necesario especificar bien las tareas y los avances a cumplir. (Por escrito, evitar generar malos entendidos).

Se elevó el nivel de coordinación entre actividades, como también se incorporó la supervisión durante la ejecución de los trabajos. Se logró reducir la cantidad de *trabajos rehechos*, y por lo tanto la disminución de la cantidad de escombros y desperdicios generados, reduciendo los tiempos de *limpieza (Trabajos Contributorios)*.

Se abastecieron de mayor cantidad de bebederos a los operarios dentro de la obra, para reducir el número de desplazamiento por rehidratación. Con ello se obtuvo reducir los *tiempos fisiológicos* de *Trabajos No Contributorios*.

Ante esta implementación de medidas en la obra, se procedió a realizar nuevas mediciones de campo obteniendo las siguientes cifras: el nivel de productividad de la mano de obra aumenta a 34.70%, obtenemos un 39.20% de *trabajos contributivos* y disminuimos a 26.10% el nivel dedicado a los trabajos *no contributivos*.

1.5 Aplicación del tema, conclusiones y recomendaciones

Vemos que la diferencia entre las mediciones realizadas antes y después de implementar medidas tomando en cuenta el diagnóstico arrojado por las tomas de muestras de campo. Por lo tanto, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- A partir de los resultados obtenidos posteriores a la implementación de las medidas señaladas, podemos afirmar que el nivel de productividad se incrementó de 29% a 34.70%, porcentaje bastante considerable.
- El empleo de herramientas como la carta balance y nivel general de actividades, nos permiten identificar factores que afectan la productividad.
- Las actividades *no contributivas* han disminuido de 38.50% a 26.10%, debido al mejorar los registros fundamentalmente en las actividades “desplazamientos”, “esperas” “trabajo rehecho” ocurriendo lo contrario con las *actividades contributivas*, que aumentan su promedio de 32.50% a 39.20%, en ella podemos apreciar que las actividades de “limpieza” y andamios” han aumentado sus porcentajes.
- Al incorporar una planificación específica de corto plazo aportó para incrementar el nivel de productividad. Esta planificación incluye el uso de materiales, equipos y mano de obra. Se tiene un control por parte del plantel profesional: recorridos de obra, reuniones semanales, informes periódicos de productividad, avance y calidad. En base a los datos obtenidos, se actualiza la planificación de la obra en forma continua.
- El control de la productividad garantizará la identificación a tiempo de problemas de productividad y las causas que lo producen.

Recomendaciones:

- Conocer el estado actual de la obra de manera eventual o periódica, a través de aplicar métodos y técnicas de control y seguimiento de la productividad es de mucho provecho, dado que nos permite planificar con mayor certeza y confiabilidad, al mismo tiempo que nos permite distinguir con mayor precisión las oportunidades de mejora del proceso elegido.
- El analizar las causas de incumplimiento (PPC) nos servirán para tomar acciones sobre las causas identificadas y hacer seguimiento al resultado de dichas acciones.
- Para una buena ejecución del proyecto, es necesaria una adecuada transmisión de la planificación, siendo necesario especificar bien las tareas y los avances a cumplir.
- Una adecuada distribución de los recursos es importante para no generar pérdidas en el proceso constructivo. Por ello es necesario contar con personal capacitado y enterado de la planificación y su distribución.
- Si existieran cambios posteriores en el proyecto, deben ser comunicados a todos los involucrados en el mismo, para que se tomen las medidas correctivas necesarias.
- Para llevar un buen registro de la carta balance se debe contar previamente con un formato donde se muestre claramente las actividades que probablemente ocurrirán al momento del desarrollo de la actividad y que

deberán estar clasificadas en trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo.

- La persona encargada a tomar los datos de campo deberá situarse en una ubicación que le permita tener una clara visión de todo lo que pueda hacer los trabajadores involucrados en la toma.

2 Introducción al tema

La máxima productividad de los recursos puede ser una causa muy importante de reducción de costos, particularmente cuando nuestro sector está en pleno crecimiento. Por lo tanto son fundamentales los controles de los recursos del proyecto, ya que ayudan a controlar el flujo del capital.

Productividad es la relación entre lo producido y lo invertido en ello. También puede definirse en forma más explícita como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad en la ejecución de una tarea.

La productividad está asociada a un proceso de transformación. A este proceso ingresan recursos necesarios para producir un material, un bien o dar un servicio, y posteriormente, a través del proceso, se obtiene un producto o un servicio terminado.

En la construcción, los principales recursos empleados en los proyectos son:

Los materiales

La mano de obra

La maquinaria y equipos

Considerando los diferentes tipos de recursos, es posible hablar de las siguientes productividades:

Productividad de los materiales

Productividad de la maquinaria.

Productividad de la mano de obra.

Nos centraremos en esta investigación en la productividad de la mano de obra, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos.

Hay muchos factores que afectan la productividad en la construcción. Lo importante en una obra es saber cuáles son los negativos, para poder actuar sobre ellos de modo de disminuir su impacto, y cuáles aportan positivamente de manera de incrementar su efecto.

Para cuantificar la productividad en la obra, se analizó la misma a partir de *tomas de muestras de campo*, donde se determinó los niveles de ocupación del tiempo; clasificándolos en trabajo *productivo, contributorio y no contributorio*.

Hacer una clasificación del trabajo en los procesos, se convierte en una herramienta muy útil y ágil a la hora de analizar la productividad de los procesos. En el presente trabajo a partir de las mediciones, se identificaron las actividades *no contributivas* que van disminuyendo el tiempo disponible para realizar el *trabajo productivo* y es

sobre estas actividades que hay que actuar oportunamente, para mejorar la productividad reduciendo las pérdidas y aumentando el *trabajo productivo*.

Consideramos útil estos niveles registrados de los niveles de ocupación de tiempo, básicamente por los siguientes motivos:

- ✓ Permite identificar puntos débiles a reforzar a fin de no cometer los mismos errores en el futuro.
- ✓ Es una herramienta que puede permitir reconocer, si se está usando eficientemente la mano de obra.
- ✓ Permite hacer un diagnóstico de la situación actual de la obra a analizar, el que a su vez nos puede permitir compararnos con otras obras.
- ✓ Contribuye a establecer una comparación entre los resultados obtenidos antes y después de implementar una serie de técnicas para el mejoramiento de la productividad
- ✓ Es de mucha utilidad para futuras investigaciones en este campo.

3 **Objetivos**

3.1 **Objetivo general**

A través del presente trabajo presentaremos el diagnóstico actual del nivel de productividad en el casco estructural de la obra “Nuevo hospital de Lima Este – Ate Vitarte”, identificando los principales problemas y sus causas para luego formular e Implementar una serie de herramientas de identificación y técnicas

que permitan la reducción de pérdidas y por consecuencia el mejoramiento del trabajo productivo.

3.2 **Objetivos específicos**

- Presentar el marco teórico y metodología a emplear
- Presentar un diagnóstico de productividad en base a la evaluación realizada en la ejecución de la obra en mención
- Plantear herramientas específicas diseñadas para aumentar la productividad
- Presentar las conclusiones y recomendaciones

4 **Marco Teórico**

El objetivo de este capítulo es dar conocer la información encontrada en la revisión literaria acerca de la productividad en obras de construcción dando especial énfasis a su aplicación en el Casco estructural del Nuevo hospital de Lima Este – Ate Vitarte.

La productividad ha sido objeto de estudio de muchas industrias, especialmente en esta época, en donde la competencia exige que los niveles de productividad sea cada vez más altos, sin embargo en la industria de la construcción en el Perú, son pocos los estudios que se han realizado, porque se desconocen metodologías para realizarlos, por tal razón se desconocen la utilidad que tienen los estudios de planeación y control en una obra, especialmente a lo referente a los rendimientos y la buena utilización del tiempo.

Para las empresas dedicadas a la construcción, se ha vuelto un objetivo permanente la optimización de sus productos a través del incremento de la productividad, a fin de reducir los costos de los bienes y servicios que se le proporcionan a la sociedad.

Debido a esto, en la construcción desde la década de los 80's ha crecido el interés de mejorar y optimizar las técnicas constructivas, los materiales, las reglamentaciones y normas, por lo tanto los ingenieros deben tener una formación técnica constante en búsqueda del mejoramiento de los procesos, para poder en determinado caso tomar decisiones oportunas en la solución de los problemas generando respuestas precisas y convenientes. También los ingenieros deben aplicar los "procesos de mejora continua" optimizando cada vez más los procesos realizados, orientado a lograr la satisfacción del cliente.

A continuación se explicara el concepto de productividad y su evolución en la historia.

4.1 Conceptos Generales

4.1.1. Definición de productividad

Por productividad entendemos la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Estos recursos productivos, incluyen el factor, trabajo, capital y otros insumos como la tierra, energía, materias primas, recursos hídricos, etc.

La productividad de manera resumida, podría definirse como la relación entre lo producido y lo gastado en ello. Se puede expresar como:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad Producida}}{\text{Recursos Empleados}}$$

La productividad es el resultado de la buena o mala interacción de los recursos utilizados (humanos, logísticos, tiempo) para lograr un producto o servicio, es decir que con un mínimo gasto de recursos obtenemos productos o servicios en cantidad y calidad, entonces la productividad será positiva para cualquier sector de la industria.

Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos capital, trabajo y tierra. Se define también a la productividad en la construcción como la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.²

Para tener una mejora continua de la productividad se lleva a cabo el siguiente ciclo.

² Serpell Bley, Alfredo (1993) Administración de operaciones en construcción. PP 34



La definición de productividad ha sido expresada por diferentes autores e instituciones como:

“Tasa de producción real por unidad de tiempo trabajado” (Maynard).

“Los datos de entrada divididos entre los resultados, calculados para un intervalo de tiempo finito” (Chang, 1991).

“La productividad debe ser base para llevar la idea de humanidad al proceso de producción” (Kurosawa, 1983)

“Indudablemente la productividad es un resultado. En algunos casos natural y en otros buscado por el hombre cuando comienza a pensar en la competencia” (Gustavo Puente, 2003).

“Cuando es necesario competir, la productividad es la clave para estar en los primeros lugares. Cuando es necesario subsistir, la productividad es cuestión de vida o muerte” (Mahatma Ghandi).

Al referirse a la medición de la productividad existen otros conceptos relacionados con criterios de evaluación del desempeño tales como eficacia, efectividad y eficiencia.

La eficiencia es utilizada para dar cuenta del uso de los recursos o cumplimiento de actividades de acuerdo con dos aspectos.

“Como la relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos que se había estimado o programado utilizar” (Rodríguez y Gómez, 1992).

“Como grado en el que se aprovechan los recursos utilizados transformándolos en productos” (Rodríguez y Gómez, 1992).

La efectividad la definen como la relación entre los resultados logrados y los resultados que se habían propuesto, dando cuenta del grado de cumplimiento de los objetivos planificados.

La eficiencia la definen como la valoración del grado de impacto que tiene los productos o servicios prestados, es decir, aquel que lograra realmente satisfacer al cliente.

El concepto de productividad que servirá de guía en la ejecución de este trabajo es el definido por Thomas y Kramer (1988) como *“las horas de trabajo requerida por unidad de trabajo”*, es decir, la cantidad de horas de trabajo invertidas para la realización de una actividad, entre la cantidad de trabajo realizado de esa misma actividad.

La medición de la productividad ha cobrado relevancia en la medida que tal concepto muestra ser un factor clave de la competitividad de las empresas. La productividad puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo en que se lleva conseguirlos. El tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano.

4.1.2. Filosofía LEAN

4.1.2.1. Lean Construction

“Lean Construction” o “Construcción sin pérdidas” es una forma de gestión de la Producción, que tiene por objetivo el aumento de la productividad teniendo un enfoque en satisfacer las necesidades de los clientes. Ha sido desarrollada como resultado de la aplicación de ideas del Lean Production a la construcción.

Según el Lean Construction Institute (LCI)³; Lean Construction se extiende sobre los objetivos del Lean Production, que son maximizar el valor y minimizar las pérdidas, definiendo técnicas específicas que son aplicadas en un nuevo proceso de entrega de proyectos. Dentro de estas técnicas podemos mencionar:

- El producto y el proceso de producción son diseñados de manera conjunta para definir y alcanzar de una mejor manera los objetivos del cliente.

³ “El Lean Construction Institute es una corporación sin fines de lucro, fue fundado en Agosto de 1997 están dedicados a realizar investigaciones para desarrollar conocimiento acerca de proyectos basados en la gestión de la producción y en el diseño, ingeniería y construcción”.

- El trabajo es estructurado a través del proceso de diseño del proyecto para maximizar el valor y reducir las pérdidas.
- Los esfuerzos para manejar y mejorar los rendimientos específicos son dirigidos a la mejora del rendimiento total del proyecto, debido a que este último logra ser más importante que la reducción del costo o el aumento de la velocidad en alguna actividad específica.
- El concepto de control es redefinido de monitoreo de resultados a hacer que las cosas pasen. El rendimiento de los sistemas de planeamiento y control son medidos y mejorados.

Desde el comienzo del trabajo en la teoría y métodos del Lean Construction, dos han sido las principales contribuciones que han gobernado su desarrollo. La primera propuesta de Lauri Koskela⁴ del entendimiento de la construcción como una producción basada en el concepto de Transformación – Flujo - Valor (TFV) y la otra es el método de control de la producción del último planificador (Last Planner) de Glenn Ballard⁵ y Gregory Howell.⁶

⁴ Lauri Koskela profesor Finandés, quien estableció los principios de producción en construcción, tomando como referencia la teoría Lean Production, basada en el modelo de producción japonés.

⁵ Glenn Ballard (USA), Profesor de la Universidad de California, Berkeley, Director de Investigaciones del Lean Construction Institute, y Director en Strategic Project Solutions, Inc. Creador del sistema Last Planner para el control de producción.

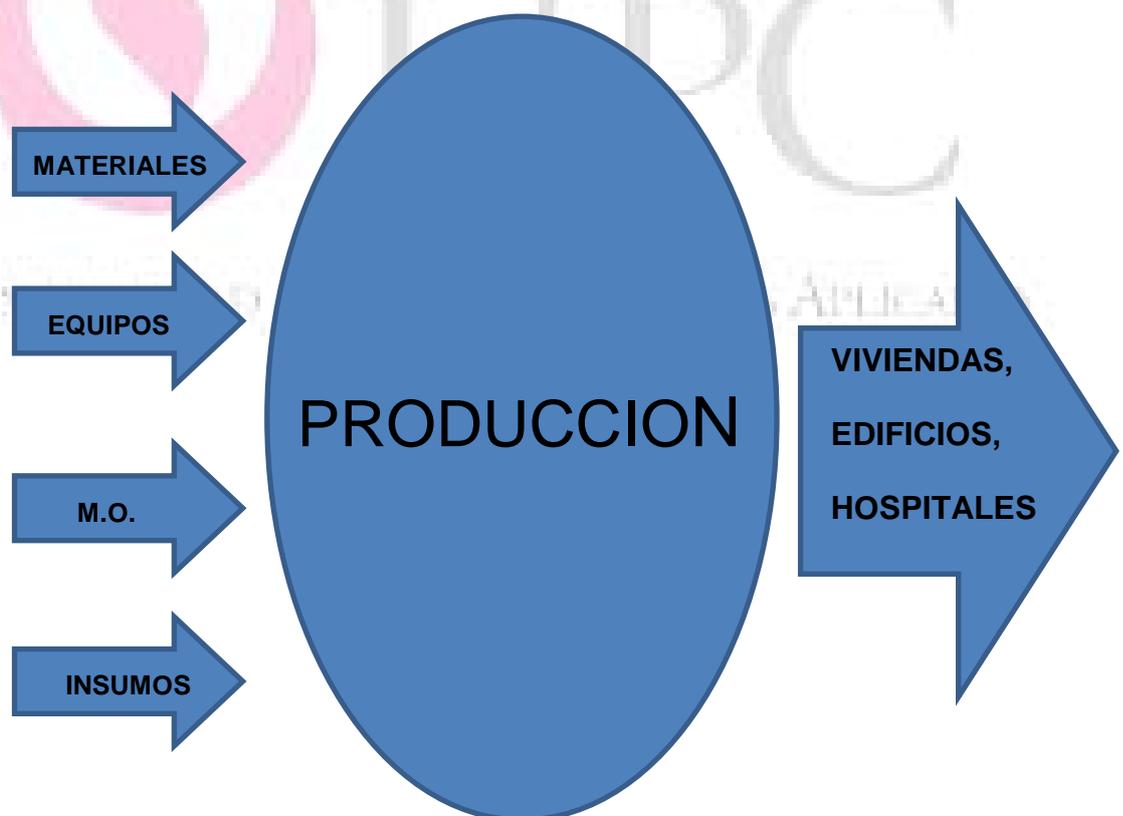
⁶ Gregory Howell (USA), Co-fundador y Director Gerente del Lean Construction Institute, USA. Socio del Lean Project Consulting, Ketchum Idaho, USA

4.1.2.2 Transformación Flujo – Valor

Tres conceptos de producción: transformación, flujo y valor, han sido considerados y utilizados en la práctica de la gestión en la construcción del siglo XX.

El primer concepto considera la producción como una transformación, que se puede esquematizar de forma simple mediante la entrada de insumos (input) a una estación y la salida de productos (output) tras la finalización del proceso. La gestión de la producción, descompone la transformación total en transformaciones elementales que son realizadas de la forma más eficiente posible. Este modelo ha sido el más usado para analizar la producción en la construcción.

4.1.2.3 Concepto de la producción como una transformación



El segundo concepto es el modelo de flujos en el cual la producción es concebida como un flujo de procesos materiales e información, donde adicionalmente a la transformación también se considera la existencia de esperas, inspecciones, transportes y trabajo rehecho.

4.1.2.4 Concepto de la producción como flujo



Fig. 01. Concepto de la producción, como flujo

El tercer concepto considera la producción como un proceso para lograr las necesidades del cliente. Estas necesidades se trasladan a un diseño y son alcanzadas a través de la elaboración del producto.

4.1.2.5 Concepto de la producción como un proceso para generar valor

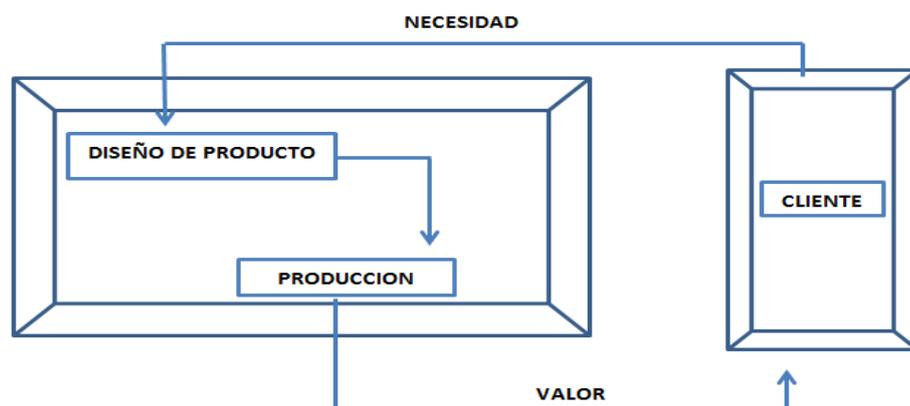


Fig. 02. La producción, como proceso para generar valor.

La nueva filosofía de producción Transformación-Flujo-Valor, desarrollada por Lauri Koskela en 1992, integra los tres conceptos de producción antes descritos dentro de las siguientes características:

- ✓ Reducción de las actividades que no agregan valor.
- ✓ Incremento del valor de la producción, a través de una consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- ✓ Reducción de la variabilidad.
- ✓ Reducción de tiempos en los ciclos.
- ✓ Simplificación mediante la reducción de pasos, partes y relaciones.
- ✓ Incremento de la flexibilidad del producto terminado.
- ✓ Incremento de la transparencia de los procesos.
- ✓ Enfoque en el control de procesos complejos.
- ✓ Introducción de nuevos procesos para la mejora continua.
- ✓ Balance entre la optimización de los flujos y la optimización de las conversiones.
- ✓ Comparaciones periódicas dentro y fuera de la empresa (benchmarking).

4.1.2.6 La Teoría del ultimo planificador (LAST PLANNER)

Tradicionalmente al inicio de un proyecto se realiza una planificación general y una detallada, la cual se usa para asignar el trabajo a realizarse durante su desarrollo, luego los resultados son comparados con los cronogramas y presupuestos, con el objetivo de identificar variaciones y para aplicar las medidas correctivas necesarias.

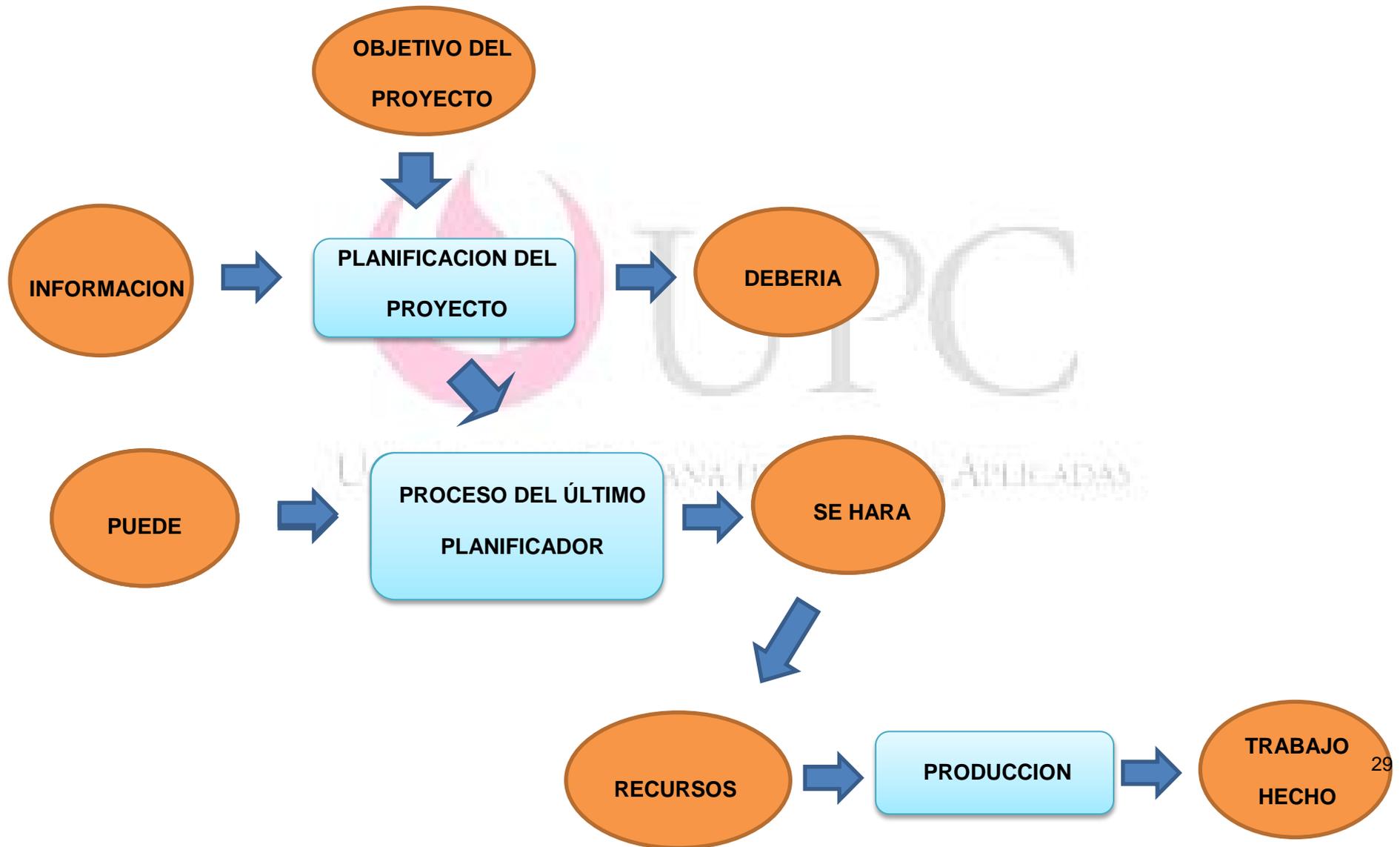
Pero debido al alto grado de variabilidad en los procesos, el trabajo en campo generalmente no es realizado de acuerdo a la planificación establecida; generando retrasos y costos adicionales los cuales son identificados después de un control que se realiza posterior a la ejecución de los trabajos.

El sistema de control de la producción del último planificador ha sido desarrollado por Ph.D. Glenn Ballard y P.E. M.S.C.E. Greg Howell durante la segunda mitad de la década de los noventas. El objetivo principal de este sistema es el mejorar la confiabilidad en la planificación, por medio de un adecuado control del flujo de la producción. Donde el concepto de control es considerado como .la ejecución de acciones necesarias para que la planificación se cumpla, a diferencia del concepto tradicional, en donde se entendía al control como el monitoreo de los resultados.

El último planificador hace referencia a la persona que se encarga de la definición final y asignación del trabajo, esta planificación tiene la particularidad de ser utilizada para la asignación de tareas y no para la generación de alguna planificación posterior. Para definir esta asignación del trabajo, tal como en el método tradicional, se toma en cuenta la planificación existente, considerando además la capacidad de producción real de la cual disponemos. Pero para poder definir adecuadamente esta capacidad de producción real, se debe considerar la variabilidad de los procesos, lo cual genera incertidumbre sobre el conocimiento de la situación en la que se encontrará el proyecto luego de un periodo de tiempo.

Por ello la tarea del último planificador se realiza como una planificación a corto plazo, por lo general una semana, en la cual la incertidumbre es menor.

LAST PLANNER



4.1.2.7 Lookk ahead Planing

Look Ahead Planning (LAP) es una herramienta de planificación de jerarquía media, basada en la planificación maestra, en ella se genera información para la realización de una planificación a corto plazo, que ayuda al control de la asignación de trabajo.

Como producto de la aplicación del LAP se obtiene el Look Ahead Schedule que es un cronograma comúnmente utilizado en la industria de la construcción el cual típicamente resalta lo que se debe realizar durante el periodo analizado.

Según Ph.D. Glenn Ballard el proceso del Look Ahead aplicado dentro del marco del sistema del último planificador permite que este cumpla las siguientes funciones:

- Moldear la secuencia del flujo de trabajo.
- Emparejar el flujo de trabajo con la capacidad.
- Descomponer la planificación maestra en paquetes de actividades de trabajo y operaciones.
- Mantener un inventario de trabajo listo para realizarse.
- Actualizar y revisar los cronogramas de mayor jerarquía según sea necesario.

Las funciones anteriormente descritas son alcanzadas a través de la realización de los siguientes procesos:

- **Definición de actividades:** Las actividades definidas en la planificación maestra se descomponen identificando las asignaciones, las cuales son actividades de un tamaño apropiado para ser incluidas en un plan de trabajo semanal.

- **Análisis de restricciones:** Para cada una de las asignaciones identificadas se realiza el análisis de restricciones en el cual se listan los recursos y restricciones en general necesarios para que la asignación esté lista para realizarse.
- **Asignación del trabajo según el criterio de .jalar. (pull):** se realiza en función a la condición de la planificación, cuando se requiere, emparejando el trabajo que se debe de realizar con el trabajo que se puede realizar.

4.1.2.8 Porcentaje de planificación completa (PPC)

El control dentro de la teoría del Lean Construction se ha redefinido como la acción de “asegurarse que las cosas sucedan”, lo que implica ejecutar las acciones descritas anteriormente en las herramientas Last Planner y Look Ahead Planning. Este control se ejerce con anterioridad a la ejecución con el objetivo de aumentar la confiabilidad de las asignaciones.

De forma adicional al control planteado anteriormente Ph.D. Glenn Ballard, se propone dentro del sistema Last Planner una herramienta de “control tradicional” denominada Porcentaje de Planificación Completa (PPC). El PPC es una herramienta que ayuda al control de la producción; el cual evalúa la planificación, a diferencia de las herramientas anteriores, esta se realiza en un momento posterior a la ejecución.

Esta herramienta es calculada dividiendo el número de actividades completadas entre el número total de actividades planeadas, expresado como porcentaje. Luego de la ejecución de las actividades en campo, se genera un registro en el cual se indica que actividades planificadas no han sido cumplidas, definiendo también los motivos por los cuales ha sucedido el incumplimiento.

El PPC es una herramienta de útil ayuda a la identificación de restricciones, que facilita el mejoramiento continuo de la confiabilidad de la planificación y como consecuencia el desempeño del proyecto.

4.1.2.9 Mediciones de la productividad

De acuerdo con Rodríguez y Gómez (1992, p. 19). Medir adecuadamente es el medio o instrumento que permite gerencia con base en data, dejando las opiniones subjetivas solo para aquellos asuntos que no hayan desarrollado medios cuantificables para medirlos y verificarlos a través de datos.

El diccionario de la Real Academia Española (2001) define medición como *“las acción de medir”*, y define medir como *“comparar una cantidad con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuantas veces la segunda está contenida en la primera”*.

La medición nos permite planificar con mayor certeza y confiabilidad.

La medición nos permite discernir con mayor precisión las oportunidades de mejora de un proceso dado.

La medición nos permite analizar y explicar cómo han sucedido los hechos.

Revisando todos los demás argumentos expuestos por Rodríguez y Gómez (1992) podemos identificar que el argumento más importante y que incluye casi todos es:

“... la medición de la productividad es necesaria e indispensable para conocer a fondo los procesos ya sean administrativos o técnicos, de producción o de apoyo que

se dan las empresas constructoras y para gerenciar su mejoramiento acorde con la exigente competencia actual “.

El proceso de medición tiene influencia sobre las actividades del proceso de mejoramiento, es decir, no se pueden hacer mejoras si no tenemos claro como medir lo que vamos a mejorar. De acuerdo con Rodríguez y Gómez (1992) este problema tiene su origen en la gerencia, y lo explican con dos razones:

“Por no haber dotado al personal de habilidades para medir, establecer y calcular indicadores validos representativos del proceso o trabajo en el cual intervienen o realizan”.

“Por el mal uso de la medición en el pasado: el de buscar culpables”.

Rodríguez y Gómez (1992) señalan que la medición debe ser transparente y entendible para la persona encargada de realizarla. Ellos destacan ciertos atributos que deben caracterizar a una buena medición:

➤ **Pertinencia:** Las mediciones que se hagan deben ser tomadas en cuenta y tener importancia para las decisiones que se tomen con base en las mismas.

➤ **Precisión:** La medida obtenida refleja fielmente la magnitud del hecho que queremos analizar o constatar, lo cual involucra necesariamente:

Realizar una buena definición operativa.

Elegir un instrumento de medición con el nivel de apreciación adecuado.

Asegurar que el dato obtenido por el instrumento de medición sea bien tomado por el responsable de hacerlo.

- **Oportunidad:** La necesidad de contar oportunamente con la información procesada de la manera más adecuada que nos dan las mediciones; es un requisito que deben tener en cuenta los que diseñan el sistema de medición.
- **Confiabilidad:** La medición en la empresa no es un acto que se haga una sola vez, sino más bien se hace de forma periódica, por lo cual, para estar seguros que lo que midamos sea una base adecuada es necesario que se revise también de una manera periódica todo el sistema de medición.
- **Economía:** La relación que existe entre los costos incurridos en realizar las mediciones y los beneficios que se generan al tomar decisiones basándose en los datos obtenidos.

La medición de la cantidad del trabajo completado y el esfuerzo y tiempo invertidos conforma la base para la obtención de los valores de productividad.

Este estudio se relaciona con la investigación de cualquier tiempo improductivo. En un principio, se plantea que el trabajo en sí consta de dos partes. La primera parte es el contenido básico de trabajo, la cual fija el tiempo mínimo irreducible que se necesita teóricamente para obtener una unidad de producción. La segunda parte es el contenido de trabajo suplementario, es decir, el tiempo adicional al teórico que sucede debido a deficiencias en el diseño o en la especificación del producto o de sus partes, o a la utilización inadecuada de materiales, o debido a la influencia de los recursos humanos.

Diagrama 01: Estudio del Trabajo



5 Situación actual del proyecto

5.1 Datos Generales:

Obra	:	Casco estructural del Nuevo Hospital de Lima Este Ate Vitarte"
Ubicación	:	Carretera Central Km. 5.5 intersección de la Carretera Central, pasaje La Estrella y la Av. José Carlos Mariátegui
		Distrito de Ate – Provincia y Departamento de Lima
Propietario	:	Ministerio de Salud
Contratista	:	MANTTO SAC
Supervisión de obra	:	Consorcio Supervisor ATE
Plazo de ejecución	:	300 días calendarios
Monto estimado	:	S/. 14'955,474.15 Nuevos Soles

5.2 Descripción del Proyecto

Es importante realizar la descripción de la obra, ya que cada obra cuenta con características particulares y únicas.

El nuevo Hospital de Ate ha sido dividido en sectores, que se disponen de acuerdo a los servicios que brindará este centro. Los diferentes sectores se unirán mediante corredores, que les brinda las condiciones de funcionalidad y unidad al conjunto. La capacidad máxima de hospitalización es de 160 camas.

Los sectores considerados han sido distribuidos en seis (6) niveles: un sótano y cinco pisos, cuya distribución está detallada en la descripción arquitectónica del presente proyecto y que en términos generales considera los siguientes ambientes:

- **Sótano:** Nutrición y Dieta, Cocina, Anatomía Patológica y lavandería.
- **Primer Piso:** Servicios Generales, Casa de Fuerza, Archivo, Emergencia, Consulta Externa, Diagnóstico por Imágenes, Farmacia y Medicina Física y Rehabilitación.
- **Segundo Piso:** Consulta Externa, Administración, Hemoterapia, Confort de Personal, Centro Obstétrico, Central de Esterilización, Centro Quirúrgico y Patología Clínica.
- **Tercer Piso:** Unidad de Cuidados Intensivos Generales (UCI) y Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal (ICIN).
- **Cuarto Piso:** Hospitalización (Medicina).
- **Quinto Piso:** Hospitalización (Cirugía).

Adicionalmente, se considerarán construcciones accesorias como: las casetas de control, talleres, almacenes, azotea, etc.

Por lo tanto:

El proyecto está definido respecto a planos y especificaciones técnicas, de modo que los estándares de formas, materiales y procesos constructivos describan y expliquen inequívocamente la calidad esperada.

Los responsables de la ejecución y los contratistas asignados cuentan con los recursos humanos suficientemente capacitados para aplicar cabalmente el sistema, particularmente los procedimientos de protocolos de control de calidad.

5.3 Alcances

El proyecto permitirá la atención de pacientes en un Hospital de Categoría II-1, contando con las siguientes unidades productoras

- Consulta Externa Médica.
- Emergencia
- Patología Clínica (Laboratorio)
- Centro Quirúrgico
- Centro Obstétrico.
- Unidad de Cuidados Intensivos General
- Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal
- Esterilización
- Hospitalización
- Diagnóstico por Imágenes
- Hemoterapia
- Anatomía Patológica.

- Farmacia
- Medicina Física y Rehabilitación
- Nutrición y Dietética
- Trabajo Social
- Dirección
- Administración
- Auditorio
- Velatorio
- Capilla

Además, el proyecto cuenta con 4 accesos desde el exterior que son: a) ingreso principal peatonal para público y pacientes; b) acceso a la emergencia, para ambulancias y peatonal; c) acceso de servicio, para vehículos de carga y descarga; y d) ingreso a la playa de estacionamientos interna, desde esta playa se tiene acceso peatonal a la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación.

Se cuenta con un total 160 estacionamientos sumando los del interior y exterior del terreno.

Tabla 01: Resumen cuadro de áreas del proyecto.

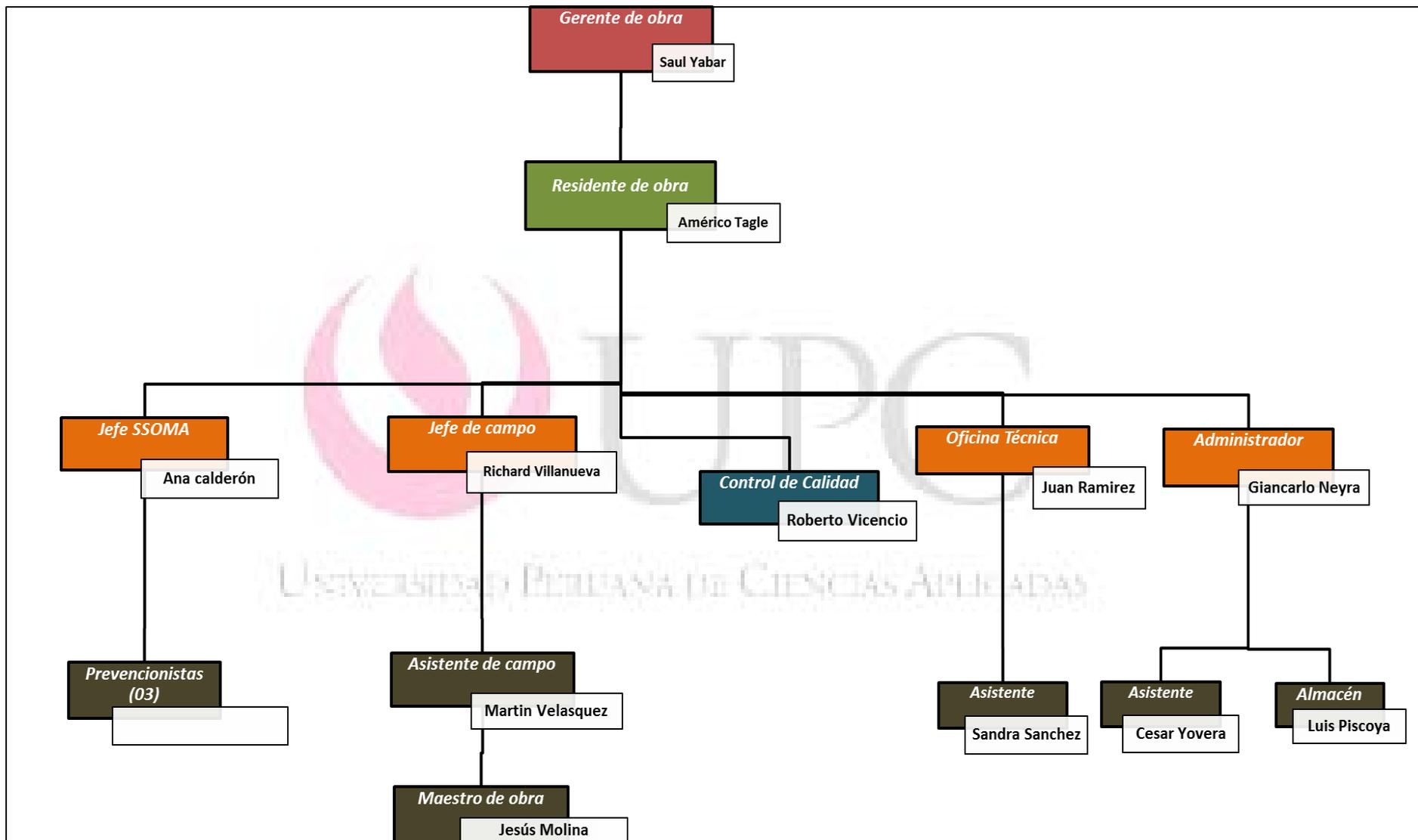
UNIDADES FUNCIONALES	AREA (m ²)
ADMINISTRACION	1,488.30
EMERGENCIA	1596.80
CONSULTA EXTERNA	2420.80
FARMACIA	469.60
PATOLOGIA CLINICA	493.75
ANATOMIA PATOLOGICA	416.35

HEMOTERAPIA	175.70
DIAGNOSTICO X IMÁGENES	476.00
CUIDADOS INTENSIVOS GENERAL	686.85
CUIDADOS INTENSIVOS NEONATAL	1214.20
HOSPITALIZACION	2909.85
CENTRO OBSTETRICO	547.00
CENTRO QUIRURGICO	884.00
MEDICINA FISICA	559.55
ESTERILIZACION	390.85
CONFORT	457.05
NUTRICION	600.10
LAVANDERIA	250.95
VESTUARIO	76.45
MANTENIMIENTO	298.55
ALMACEN	408.35
VIGILANCIA	22.70
AREA DE EQUIPOS	290.65
CIRCULACION Y MUROS	2901.60
SUBTOTAL	20,036.00

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

5.4 Organización del Proyecto:

Fig. 03. Organigrama de la obra.



5.5 Metodología del Trabajo

En este capítulo mostraremos los parámetros establecidos para la presente investigación, y las herramientas que utilizamos para su realización.

5.5.1 Criterios para la obtención de datos

Para clasificar las actividades realizadas por los obreros, consideramos que una actividad es productiva cuando a través de su ejecución se genera valor para el cliente final.

5.5.1.1. Determinación del tipo de trabajo

Para las mediciones de Nivel General de actividades en Obra se dividió el trabajo en tres tipos, los cuales serán explicados a continuación.

5.5.1.1.1. Trabajo Productivo (TP):

Definimos *trabajo productivo* al que aporta de forma directa a la producción⁷. Para las mediciones distinguimos dentro de las actividades productivas, en cada partida las siguientes:

- **Concreto:** vaciado, vibrado o chuseado, regleado y dar acabado a la superficie (caso de losas).

⁷ Ghio Castillo, Virgilio (2001) Productividad en obras de Construcción - Diagnostico Crítica y Propuesta. PP 23

- **Acero:** Colocación y acomodo de barras de acero, atortolado de mallas y refuerzos, armado de elementos estructurales fuera de sitio (para transportar y colocar columnas o vigas ya armadas)
- **Encofrado:** Colocado de paneles de madera o metálicos, puntales, y demás elementos; reforzamiento del encofrado con grapas, alambre o clavos, desencofrado.
- **Albañilería:** Colocación mortero vertical y/o horizontal, colocación de ladrillos y mechas de acero.
- **Tarrajeo:** Pañeteado, paleteado, regleado de superficie, dar acabado a la superficie (con frotacho, esponja y otros).

5.5.1.1.2. Trabajo Contributorio (TC):

El *trabajo contributorio* lo definimos como el trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo⁸. Actividad necesaria, pero que no aporta valor.

De modo explicativo, dentro de las *actividades contributorias* consideramos: el *Transporte de material y/o herramientas*, cualquier tipo de *Medición*, la *Limpieza*, dar o recibir *Instrucciones* y dentro de las actividades clasificadas como *Otros*, según la partida a la que pertenecen:

⁸ Ghio, Op Cit; pp 23

- **Concreto:** Abastecimiento de los componentes a otros recipientes, sostener los recipientes.
- **Acero:** Sostener una barra para que otro la atortole, marcar con tiza las barras y encofrados, armado de andamios. Cortar y doblar las varillas para darles la forma adecuada de refuerzo, bastones o estribos
- **Encofrado:** Sostener el encofrado (paneles, puntales, etc.) mientras otro lo asegura, armado de andamios. preparación de paneles de encofrado de madera. Cortar madera para la preparación de paneles para el encofrado
- **Albañilería:** Remover mortero sobrante, el abastecimiento de mezcla a otro recipiente para el transporte, armado de andamios: Preparación de mezcla seca de cemento y arena, preparación de mortero, cortar y humedecer ladrillos.
- **Tarrajeo:** Colocar y extraer los puntos de referencia, armado de andamios. Preparación de mezcla seca de cemento y arena, preparación de mortero.

5.5.1.1.3. Trabajo No Contributorio (TNC):

Trabajo que no genera valor y no contribuye a otra actividad; por lo tanto, se considera como actividad de pérdida⁹.

⁹ Ghio, Op Cit; pp 23

Análogamente, como trabajo *no contributivo* se considera los *desplazamientos* sin llevar nada en las manos (V), las *esperas* del personal, hacer trabajos sin valor o *descansos, rehacer un trabajo* y otros no contributivos, etc.

La medición consta de dos juegos de datos y 01 juego, antes y después de la implementación de las herramientas de mejoramiento de productividad respectivamente; y cada juego, de 414 evaluaciones de la actividad que realizaba los obreros. Este juego de datos se tomó en horarios y días distintos.

5.5.1.2. Criterios de evaluación

Para la clasificación de los tiempos utilizamos tomas de muestra de campo, que serán presentadas en la siguiente sección, además esta información era corroborada por lo observado en obra durante las mediciones.

Para el proceso de la toma de datos es necesario realizar un recorrido por la obra, donde se inspeccionen los procesos que hacen parte del estudio.

La idea es que en instantes predeterminados aleatoriamente, el observador registre las actividades de la mano de obra que tiene a la vista. Es importante que se registre lo observado, y no las suposiciones de las actividades precedentes o siguientes.

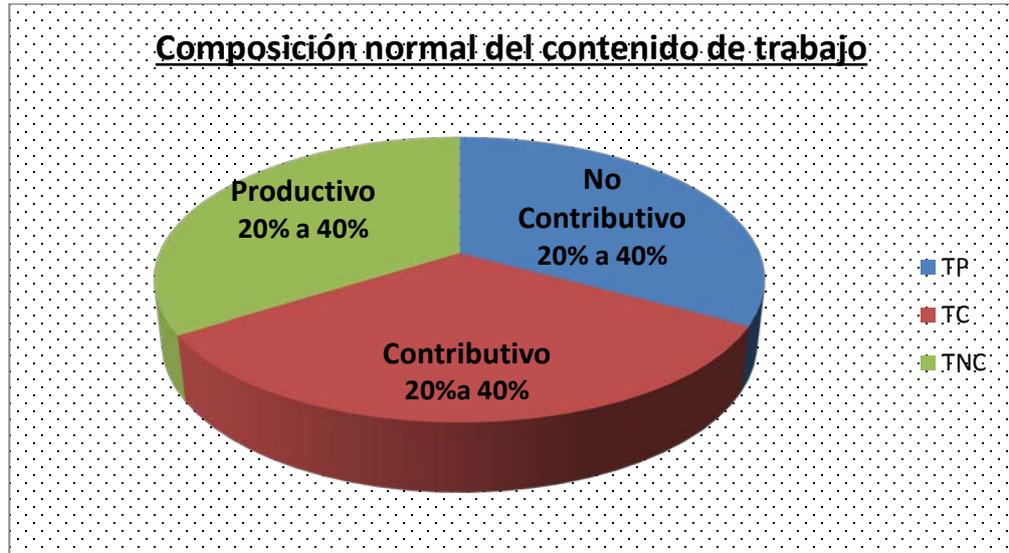


Fig. 04. Composición normal del contenido de trabajo.

5.5.2. Muestra analizada

Dado que estadísticamente 384 observaciones en campo, nos otorga un límite de confianza del 95% y porcentaje de error del 5%. Y de acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que al tomar la cantidad expuesta de muestras, como son 414 tomas las cuales consideramos adecuado para el presente estudio.

5.5.2.1. Nivel de Confiabilidad de las Mediciones

El muestreo del trabajo es utilizado para mejorar la productividad observando y clasificando el trabajo de un pequeño porcentaje de los trabajadores de la obra para obtener una representación de todos los obreros. Los resultados de esta metodología dan bases para emitir juicios acerca de problemas de productividad, ya que, permiten tomar conciencia de cómo se distribuye el trabajo dentro de la obra (Oglesby, Parker, & Howell, 1989). Para clasificar el trabajo realizado se tienen tres categorías (Thomas & Daily, 1984):

Con una muestra representativa, de un tamaño lo suficientemente grande para ser estadísticamente válida, ciertas características del proyecto pueden ser predichas. Esta predicción no es exacta, pero sí la muestra es representativa, el resultado está muy cerca de la situación real (Thomas & Daily, 1984). Estadísticamente, la muestra podrá ser validada a partir de tres conceptos: nivel de confianza, límite de error y proporción por categoría. El primero provee la confiabilidad del resultado, el segundo la precisión del valor estimado y el último cuál es la proporción esperada de la muestra, es decir, cómo se distribuyen las respuestas de la muestra.

$$N = \frac{Z^2 P(1-P)}{L^2}$$

Ecuación 2 Número de muestras requerido para muestreo del trabajo

Donde N es el tamaño de la muestra, Z el valor obtenido de las tablas estadísticas dependiendo del intervalo de confianza, P es la proporción por categoría y L el límite de error requerido. Dado que la distribución esperada entre trabajo productivo y no productivo es de 50:50. Se considerará razonable considerar un nivel de confianza del 90% y un límite de error del 5% para representar la distribución del trabajo de una obra completa. De acuerdo a la tabla 1 se necesitarán 384 muestras como mínimo. Las cuales necesariamente deben ser realizadas en campo.

Proporción por Categoría (%)	95% nivel de confianza				90% nivel de confianza			
	Límite de error (%)				Límite de error (%)			
	1	2.5	5	10	1	2.5	5	10
50:50	9604	1537	384	96	6765	1082	271	68
40:60	9220	1475	369	92	6495	1039	260	65
30:70	8067	1291	323	81	5683	909	227	57
20:80	6147	983	246	61	4330	693	173	43
10:90	3457	553	138	35	2435	390	97	24

Tamaño de muestra requerido para niveles de confianza de 95% y 90% (Olomolaiye, Jayawardane, & Harris, 1998).



Fig. 05. Ejemplo de resultado de muestreo del trabajo.

El nivel de confiabilidad de las mediciones se realizó en el lapso de las actividades realizadas por el personal de obra que realizaban las tareas o actividades para la construcción del casco estructural.

Las mediciones fueron tomadas inicialmente en el mes de Octubre del 2013 para un diagnóstico actual y otra muestra en el mes de Febrero del 2014 para el diagnóstico después de la mejora y así tener los resultados definitivos de las actividades.

Para que el nivel de confiabilidad sea alto se tomaron las siguientes indicaciones:

- Se seleccionó al personal de obra identificándolos con un color de casco diferente:

.Operarios: Azul

.Oficial: Verde

.Peón: Amarillo

- A cada uno de los trabajadores se le identificó con un sticker en el casco el cual los identificaba por su nombre y categoría.
- Las mediciones se realizaron con una frecuencia de un minuto para las actividades realizadas.
- Las mediciones fueron realizadas por 3 personas por un lapso de 8.5 horas al día, con un punto estático con 100% de visualización.

1ra Persona: Cuadrilla de Fierros

2da Persona: Cuadrilla de Encofradores.

3ra Persona: Cuadrilla de Colado de concreto premezclado.

- Se les proporcionó a los responsables de las mediciones la carta balance para la obtención de los datos, los cuales deberían estar supervisando a los

trabajadores por cada minuto de trabajo realizado, comprobándose los trabajos productivos, trabajos contributivos y trabajos no contributivos.

- Los métodos de medición se realizaron para las cuadrillas conformadas por 10 a 12 personas.
- Para la mediciones realizadas se colocaron cámaras de video para que registren todo el proceso de la actividad a controlar (habilitación de acero, encofrados y colado de concreto), puesto que las mediciones con el personal asignado y las cartas balances en algunos casos no eran muy exacta y con las grabaciones se registraba teniendo un grado mayor seguridad en el control de las cuadrillas.
- Estos resultados servirán para detectar y cuantificar las principales perdidas.

5.5.3. Definición de las herramientas usadas

Se usaron las siguientes herramientas para el presente estudio:

5.5.3.1. Nivel General de actividad de Obra:

Es un indicador que representa el nivel de productividad del personal obrero encargado en construcción del casco estructural.

En este se identifica la actividad que realiza cada uno de los trabajadores de la obra, clasificando este tipo de Trabajo en *Productivo* (TP), *Contributorio* (TC) y *No Contributorio* (TNC), para tener un valor representativo, se identifican 414 actividades en cada medición.

El resultado de este análisis es el porcentaje de tiempo que el personal obrero dedicó a dichas actividades. El Formato que se usó para estas mediciones se presenta a continuación y las actividades de cada tipo de trabajo se presentan en la tabla N° 02.

Se elige esta herramienta debida a su simplicidad en la toma de datos y procesamiento de la información, además de ser un método bastante económico de medición, facilidad en la interpretación de los datos y sobretodo estadísticamente confiable siempre que se tengan las observaciones necesarias (384 observaciones: un límite de confianza del 95% y porcentaje de error de 5%).

Tabla 02: Cuadro de actividades de trabajo contributorios y no contributorios.

Trabajo Contributorio									Trabajo no contributorio					
Transporte de algún elemento.	Realizar mediciones, lectura de planos	Realizar actividades de limpieza.	Instrucciones (recibir o dar).	Preparación de mezclas.	Andamios, plataformas y/o protección	Desplazamientos.	Desenclavados	Colocación de separadores de concreto.	Descanso	Esperas	Trabajo rehecho	Necesidades fisiológicas	Tiempo ocioso	desplazamientos
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Muestreo de Trabajo - Consolidado (Del 14 al 19 de octubre)

**Obra: Nuevo Hospital de Lima
Este - Ate Vitarte**

	Fecha	TP	TC	TNC	Total	Trabajo Contributorio									Trabajo no contributorio								
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Lunes	14-oct																						
Martes	15-oct																						
Miércoles	16-oct																						
Jueves	17-oct																						
Viernes	18-oct																						
Sábado	19-oct																						
Total		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

	Fecha	TP	TC	TNC	Total	Trabajo Contributorio									Trabajo no contributorio								
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Lunes	14-oct																						
Martes	15-oct																						
Miércoles	16-oct																						
Jueves	17-oct																						
Viernes	18-oct																						

Sábado	19-oct																			
	Fecha	TP	TC	TNC	Total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lunes																				
Martes																				
Miércoles																				
Jueves																				
Viernes																				
Sábado																				
	Prom																			

5.5.3.4. Carta Balance:

Es una herramienta estadística que permite describir en forma detallada el proceso de una operación de construcción para buscar su optimización

Cada barra representa un obrero y el eje de las ordenadas representa el tiempo, en nuestro caso con frecuencia de un minuto.

El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino que en forma más inteligente.¹⁰

Los caminos para mejorar la eficiencia del grupo de trabajo que materializa las actividades de interés (en tanto se haya escogido el método constructivo) son la

¹⁰ Serpell, Alfredo (1990) Análisis de operaciones en cartas de balance pp. 2. En: revista Ingeniería de construcción, Vol. 1, No 9

reasignación de tareas entre sus miembros y/o la modificación del tamaño del grupo que conforma la cuadrilla.

Nos enfocaremos fundamentalmente a una reducción de los tiempos improductivos y aumentar los niveles de actividad real y de rendimiento. Para lograrlo debemos tener en cuenta:

- Revisar el proceso constructivo seleccionado y plantear otro método más conveniente.
- Analizar con más detalle el proceso de los recursos, en especial en actividades que se desarrollan en espacios extensos.
- Muestrear la operación y determinar las condiciones reales de trabajo de los recursos.
- Procesar la información, concluir y discutir resultados. Determinar mejoras necesarias y describir en una *carta de balance ideal* el procedimiento mejorado propuesto.

5.5.4. Evaluación de la Información obtenida

La evaluación de los datos obtenidos pasó por el siguiente proceso:

5.5.4.1. Etapa de Diagnóstico Individual

Para el proceso de los datos obtenidos en las mediciones de obra, se creó una hoja de cálculo, de la que se obtenía el porcentaje de cada tipo de actividad.

A continuación se muestran las hojas de cálculo mencionadas.

(Diagnóstico actual)

Toma de muestras de Nivel General de

Actividades:

- **Del 07 al 12 de octubre 2013**
- **Del 14 al 19 de octubre 2013**
- **Del 21 al 26 de octubre 2013**

- **Del 28 al 02 de noviembre 2013**

Muestreo de Trabajo - Consolidado (Del 07 al 12 de octubre)

MANTTO

Obra: Nuevo Hospital de Lima Este - Ate Vitarte

	Fecha	TP	TC	TNC	Total	Trabajo Contributorio									Trabajo no contributorio							
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Lunes	07-oct	8	4	11	23		2	2	2								2	2	2	1	1	3
		6	7	10	23	2			2	1				2			1	5			1	3
		6	7	10	23				5								2	2	2	2	2	2
Martes	08-oct	6	8	9	23		2	6									1	2	2		1	3
		7	6	10	23	2				2				2				4	1		1	4
		6	8	9	23		3						5				1	3	2		1	2
Miércoles	09-oct	6	9	8	23	3	2	4									1	2	1	1	1	2
		8	7	8	23	1	2	3	1									2	1		1	4
		4	8	11	23	2	4	1	1								1	4	3		1	2
Jueves	10-oct	6	7	10	23		4		2		1							2	2	1	2	3
		8	7	8	23	3		2	1		1							2	3		1	2
		7	7	9	23	1	2		2		1	1					1	1	3	1		3
Viernes	11-oct	5	9	9	23	2	3				2		2					2	1	2	1	3
		9	5	9	23		1		2		1						1	1	2		1	4
		6	9	8	23		3	2	1				2				1	1	2		1	3
Sábado	12-oct	8	7	8	23	2	4				1							1	2		2	3
		8	7	7	23	1	1	3			1	2						3	2			1
		5	8	10	23	3	2	1	1			1					1	2	1	1	1	4
Total		119	131	164	414	22	35	31	14	0	10	13	4	2			12	41	32	9	19	51

	Fecha	TP	TC	TNC	Total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lunes	07-oct	34.78%	17.39%	47.83%	100.00%	0%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	18%	18%	18%	9%	9%	27%
		26.09%	30.43%	43.48%	100.00%	29%	0%	29%	14%	0%	29%	0%	0%	0%	10%	50%	0%	0%	10%	30%
		26.09%	30.43%	43.48%	100.00%	0%	0%	71%	0%	0%	0%	0%	29%	0%	0%	20%	20%	20%	20%	20%
Martes	08-oct	26.09%	34.78%	39.13%	100.00%	0%	25%	75%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	22%	22%	0%	11%	33%
		30.43%	26.09%	43.48%	100.00%	33%	0%	0%	33%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	40%	10%	0%	10%	40%
		26.09%	34.78%	39.13%	100.00%	0%	38%	0%	0%	0%	0%	63%	0%	0%	11%	33%	22%	0%	11%	22%
Miércoles	09-oct	26.09%	39.13%	34.78%	100.00%	33%	22%	44%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	25%	13%	13%	13%	25%
		34.78%	30.43%	34.78%	100.00%	14%	29%	43%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	13%	0%	13%	50%
		17.39%	34.78%	47.83%	100.00%	25%	50%	13%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	36%	27%	0%	9%	18%
Jueves	10-oct	26.09%	30.43%	43.48%	100.00%	0%	57%	0%	29%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	10%	20%	30%
		34.78%	30.43%	34.78%	100.00%	43%	0%	29%	14%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	25%	38%	0%	13%	25%
		30.43%	30.43%	39.13%	100.00%	14%	29%	0%	29%	0%	14%	14%	0%	0%	11%	11%	33%	11%	0%	33%
Viernes	11-oct	21.74%	39.13%	39.13%	100.00%	22%	33%	0%	0%	0%	22%	0%	22%	0%	0%	22%	11%	22%	11%	33%
		39.13%	21.74%	39.13%	100.00%	0%	20%	0%	40%	0%	20%	0%	0%	20%	11%	11%	22%	0%	11%	44%
		26.09%	39.13%	34.78%	100.00%	0%	33%	22%	11%	0%	0%	22%	0%	11%	13%	13%	25%	0%	13%	38%
Sábado	12-oct	34.78%	30.43%	34.78%	100.00%	29%	57%	0%	0%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	13%	25%	0%	25%	38%
		34.78%	34.78%	30.43%	100.00%	13%	13%	38%	0%	0%	13%	25%	0%	0%	14%	43%	29%	0%	0%	14%
		21.74%	34.78%	43.48%	100.00%	38%	25%	13%	13%	0%	0%	13%	0%	0%	10%	20%	10%	10%	10%	40%

	Fecha	TP	TC	TNC	Total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lunes	07-oct	29%	26%	45%	100%	10%	17%	50%	5%	0%	10%	0%	10%	0%	9%	29%	13%	10%	13%	26%
Martes	08-oct	28%	32%	41%	100%	11%	21%	25%	11%	0%	0%	32%	0%	0%	7%	32%	18%	0%	11%	32%
Miércoles	09-oct	26%	35%	39%	100%	24%	34%	33%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	29%	17%	4%	11%	31%
Jueves	10-oct	30%	30%	39%	100%	19%	29%	10%	24%	0%	14%	5%	0%	0%	4%	19%	30%	7%	11%	29%
Viernes	11-oct	29%	33%	38%	100%	7%	29%	7%	17%	0%	14%	7%	7%	10%	8%	15%	19%	7%	12%	38%
Sábado	12-oct	30%	33%	36%	100%	26%	32%	17%	4%	0%	9%	13%	0%	0%	8%	25%	21%	3%	12%	31%
Promedio		29%	32%	40%	100%	16%	27%	24%	12%	0%	8%	9%	3%	2%	7%	25%	20%	5%	12%	31%

Fig. 06. Nivel general de actividad en obra. Muestras del 07 al 12 de octubre.

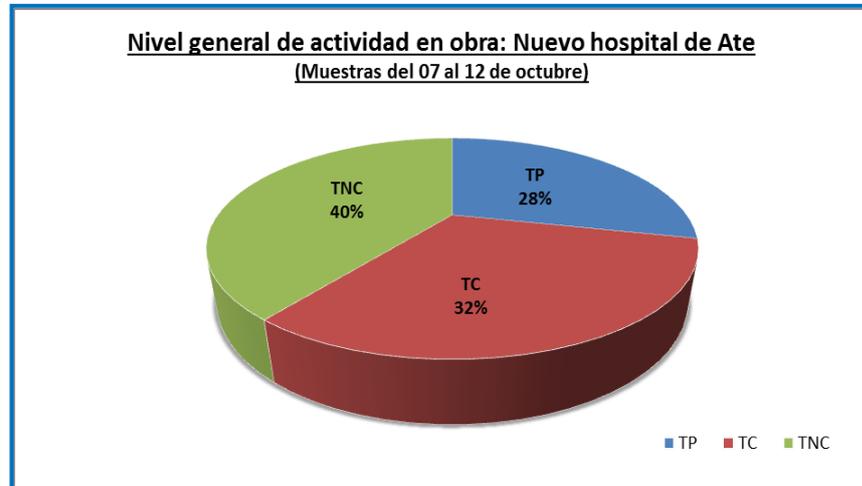


Fig. 07.

Distribución del trabajo contributorio. Muestras del 07 al 12 de octubre.

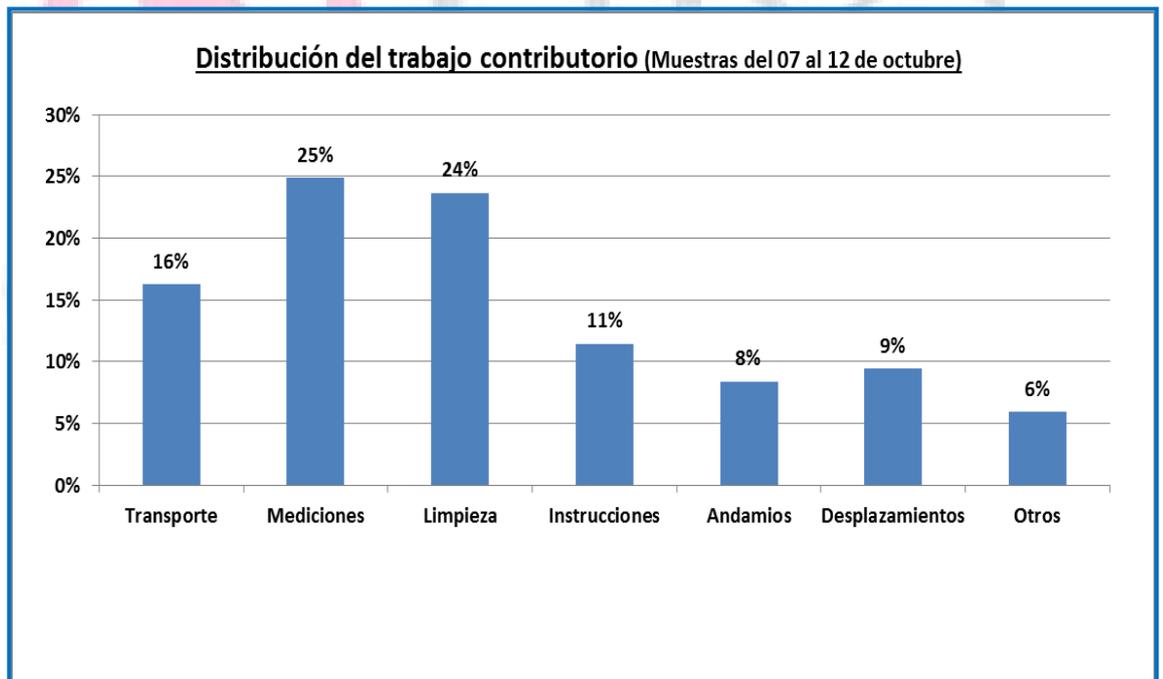
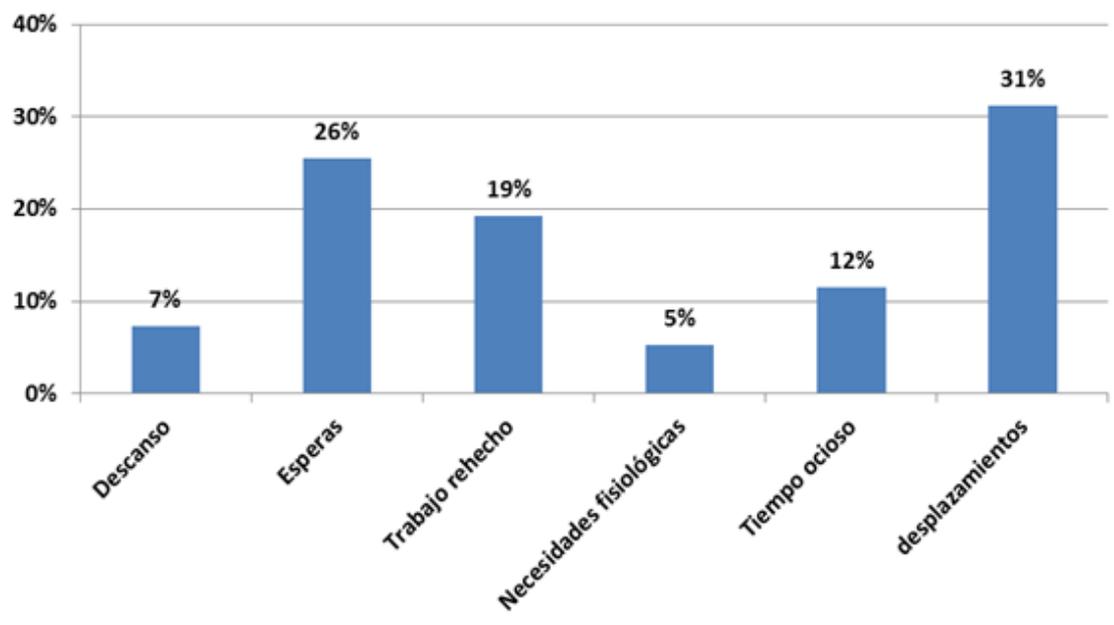


Fig. 08. Distribución del trabajo no contributorio. Muestras del 07 al 12 de octubre.

Distribución del trabajo no contributivo (Muestras del 07 al 12 de octubre)



UPC

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

Fig. 09. Nivel general de actividad en obra. Muestras del 14 al 19 de octubre.

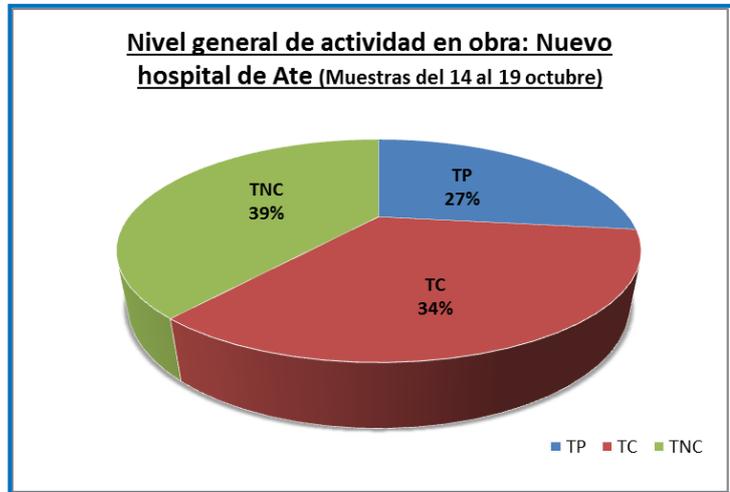


Fig. 10. Distribución del trabajo contributorio. Muestras del 14 al 19 de octubre.

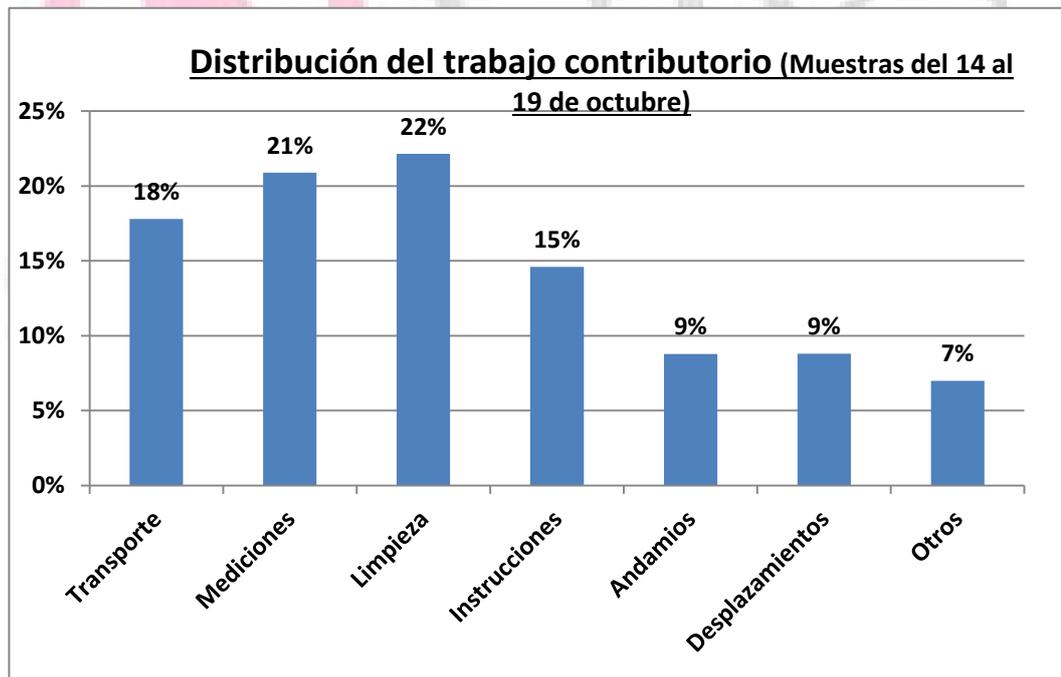
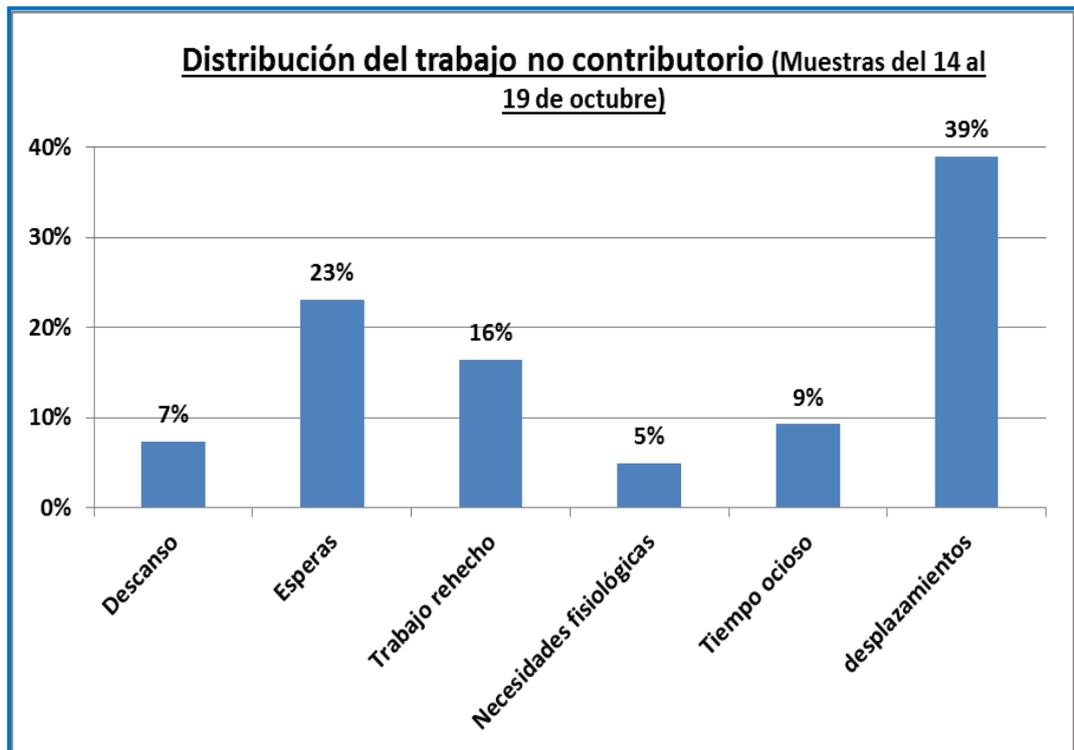


Fig. 11. Distribución del trabajo no contributivo. Muestras del 14 al 19 de octubre.



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

Fig. 12. Nivel general de actividad en obra. Muestras del 21 al 26 de octubre.

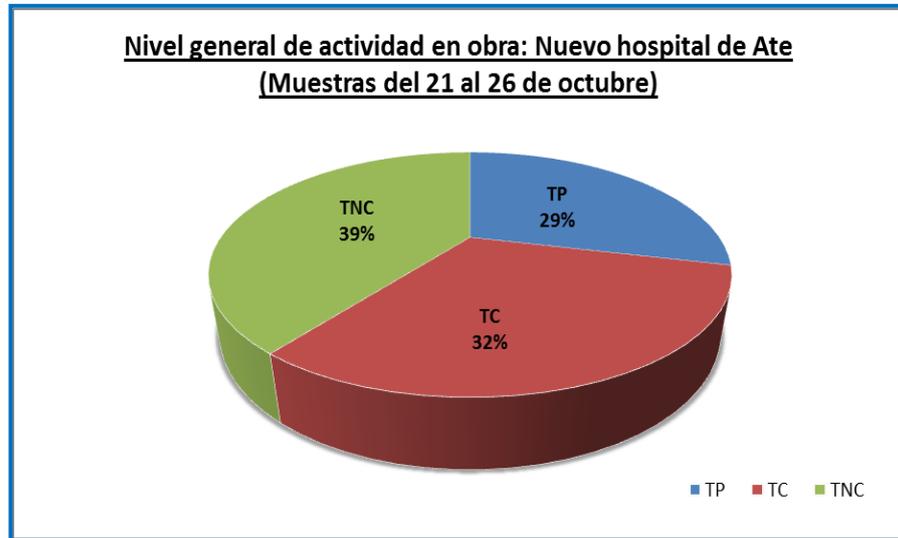


Fig. 13. Distribución del trabajo contributorio. Muestras del 21 al 26 de octubre.

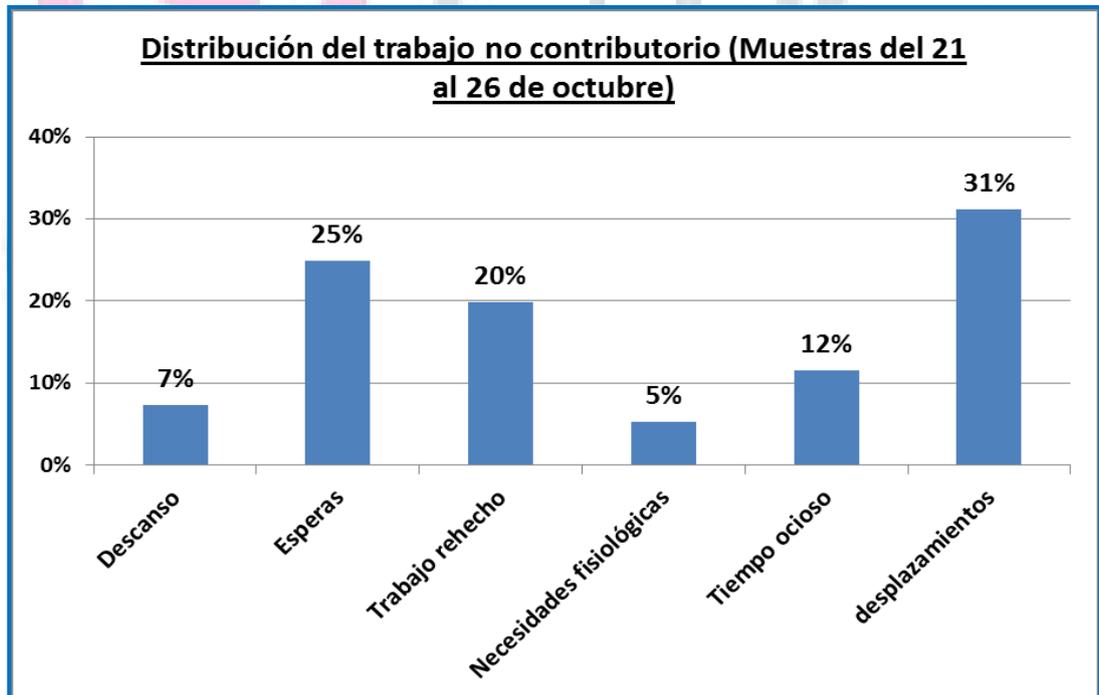
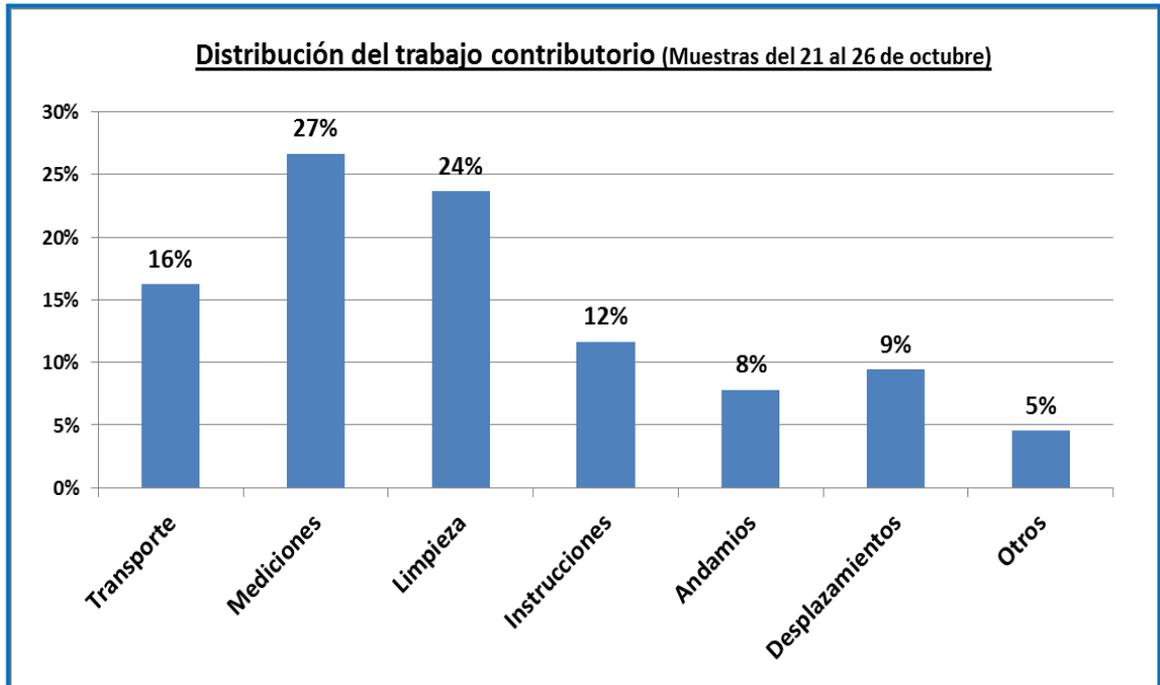


Fig. 14. Distribución del trabajo no contributorio. Muestras del 21 al 26 de octubre.



UPC

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

Muestreo de Trabajo - Consolidado (Del 28 octubre al 02 de noviembre)

Obra: Nuevo Hospital de Lima Este - Ate Vitarte

	Fecha	TP	TC	TNC	Total	Trabajo Contributorio									Trabajo no contributorio						
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Lunes	28-oct	6	6	11	23	2		1	2				1				4	3			4
		8	5	10	23			1				3					2	2		2	4
		5	8	10	23	1	1	3				1	1	1			2		4		4
Martes	29-oct	5	9	9	23	2		4	1				2				4	1		2	2
		6	7	10	23	1		2	1			1	1				3	1		4	2
		8	6	9	23	2		2	2				1	1			4		2	3	2
Miércoles	30-oct	5	10	8	23	1	4	1				2		1	1		4		2		2
		7	11	5	23		2	5				3		1			2		1		2
		8	5	10	23	1	1	2	2								1	1		4	4
Jueves	31-oct	7	7	9	23			1	2			2		1			4	2		3	2
		8	7	8	23		4						3				4	2			2
		6	8	9	23		1	2	1			2	2				1	4			4
Viernes	01-nov	7	7	9	23			2	2			2	2				2		3		4
		5	9	9	23	4		2	2				1				2	5			2
		8	7	8	23	1	3		1				1	1			3	3			5
Sábado	02-nov	7	7	9	23	4	2						1				2	3			4
		8	8	7	23		4	2					2				4	3			5
		7	6	10	23		3		2				1				2	2		1	5
Total		121	133	160	414	18	28	26	17	0	13	16	10	5	17	36	27	12	18	50	
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Lunes	28-oct	26.09%	26.09%	47.83%	100.00%	33%	0%	17%	33%	0%	0%	0%	17%	0%	0%	36%	27%	0%	0%	36%	
		34.78%	21.74%	43.48%	100.00%	0%	0%	20%	0%	0%	60%	0%	20%	0%	0%	20%	20%	0%	20%	40%	
		21.74%	34.78%	43.48%	100.00%	13%	13%	38%	0%	0%	13%	0%	13%	13%	20%	0%	0%	40%	0%	40%	
Martes	29-oct	21.74%	39.13%	39.13%	100.00%	22%	0%	44%	11%	0%	0%	0%	22%	0%	0%	44%	11%	0%	22%	22%	
		26.09%	30.43%	43.48%	100.00%	14%	0%	29%	14%	0%	14%	14%	0%	14%	30%	10%	0%	0%	40%	20%	
		34.78%	26.09%	39.13%	100.00%	33%	0%	0%	33%	0%	0%	0%	17%	17%	44%	0%	0%	22%	33%	0%	
Miércoles	30-oct	21.74%	43.48%	34.78%	100.00%	10%	40%	10%	0%	0%	20%	0%	10%	10%	0%	50%	0%	25%	0%	25%	
		30.43%	47.83%	21.74%	100.00%	0%	18%	45%	0%	0%	0%	27%	9%	0%	40%	0%	20%	0%	0%	40%	
		34.78%	21.74%	43.48%	100.00%	0%	20%	40%	40%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	40%	40%	
Jueves	31-oct	30.43%	30.43%	39.13%	100.00%	0%	14%	14%	29%	0%	29%	0%	14%	0%	0%	44%	22%	0%	33%	0%	
		34.78%	30.43%	34.78%	100.00%	0%	57%	0%	0%	0%	0%	43%	0%	0%	0%	50%	25%	0%	0%	25%	
		26.09%	34.78%	39.13%	100.00%	0%	13%	25%	13%	0%	25%	25%	0%	0%	0%	11%	44%	0%	0%	44%	
Viernes	01-nov	30.43%	30.43%	39.13%	100.00%	0%	29%	0%	14%	0%	29%	29%	0%	0%	22%	0%	0%	33%	0%	44%	
		21.74%	39.13%	39.13%	100.00%	44%	0%	22%	22%	0%	0%	11%	0%	0%	0%	22%	56%	0%	0%	22%	
		34.78%	30.43%	34.78%	100.00%	14%	43%	0%	14%	0%	0%	0%	14%	14%	0%	0%	38%	0%	0%	63%	
Sábado	02-nov	30.43%	30.43%	39.13%	100.00%	57%	29%	0%	0%	0%	0%	14%	0%	0%	22%	33%	0%	0%	0%	44%	
		34.78%	34.78%	30.43%	100.00%	0%	50%	25%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	57%	43%	0%	0%	0%	
		30.43%	26.09%	43.48%	100.00%	0%	50%	0%	33%	0%	0%	17%	0%	0%	20%	20%	0%	10%	0%	50%	
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Lunes	28-oct	28%	28%	45%	100%	15%	4%	25%	11%	0%	24%	0%	16%	4%	7%	19%	16%	13%	7%	39%	
Martes	29-oct	28%	32%	41%	100%	23%	0%	24%	20%	0%	5%	5%	13%	10%	25%	18%	4%	7%	32%	14%	
Miércoles	30-oct	29%	38%	33%	100%	3%	26%	32%	13%	0%	7%	9%	6%	3%	13%	20%	10%	8%	13%	35%	
Jueves	31-oct	30%	32%	38%	100%	0%	28%	13%	14%	0%	18%	23%	5%	0%	0%	35%	31%	0%	11%	23%	
Viernes	01-nov	29%	33%	38%	100%	20%	24%	7%	17%	0%	10%	13%	5%	5%	7%	7%	31%	11%	0%	43%	
Sábado	02-nov	32%	30%	38%	100%	19%	43%	8%	11%	0%	0%	19%	0%	0%	14%	37%	14%	3%	0%	31%	
Promedio		29%	32%	39%	100%	13%	21%	18%	14%	0%	10%	11%	8%	4%	11%	23%	18%	7%	10%	31%	

Fig. 15. Nivel general de actividad en obra. Muestras del 28 oct. al 02 de noviembre.

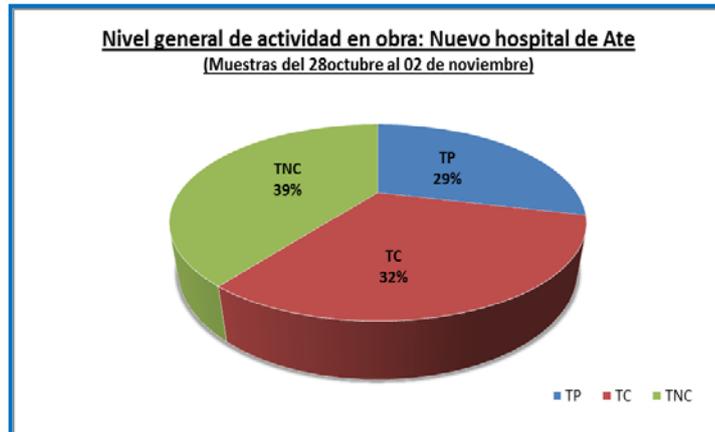


Fig. 16.

Distribución del trabajo contributivo. Muestras del 28 oct. al 02 de noviembre.

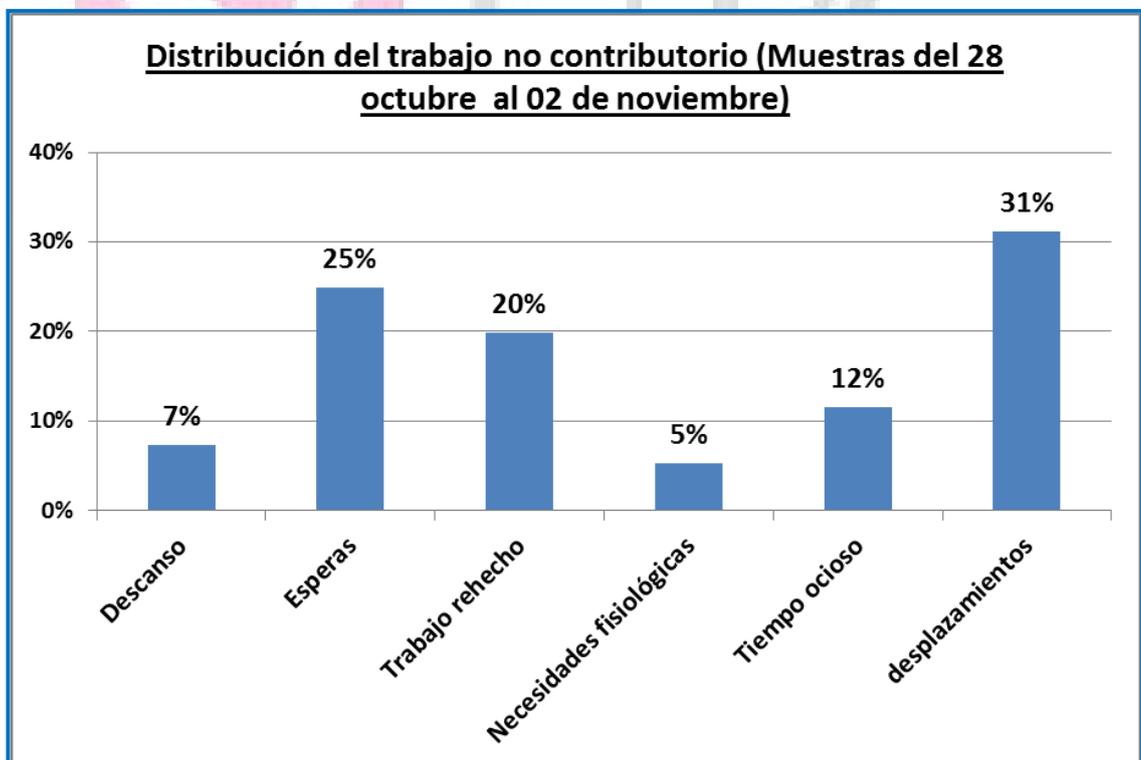
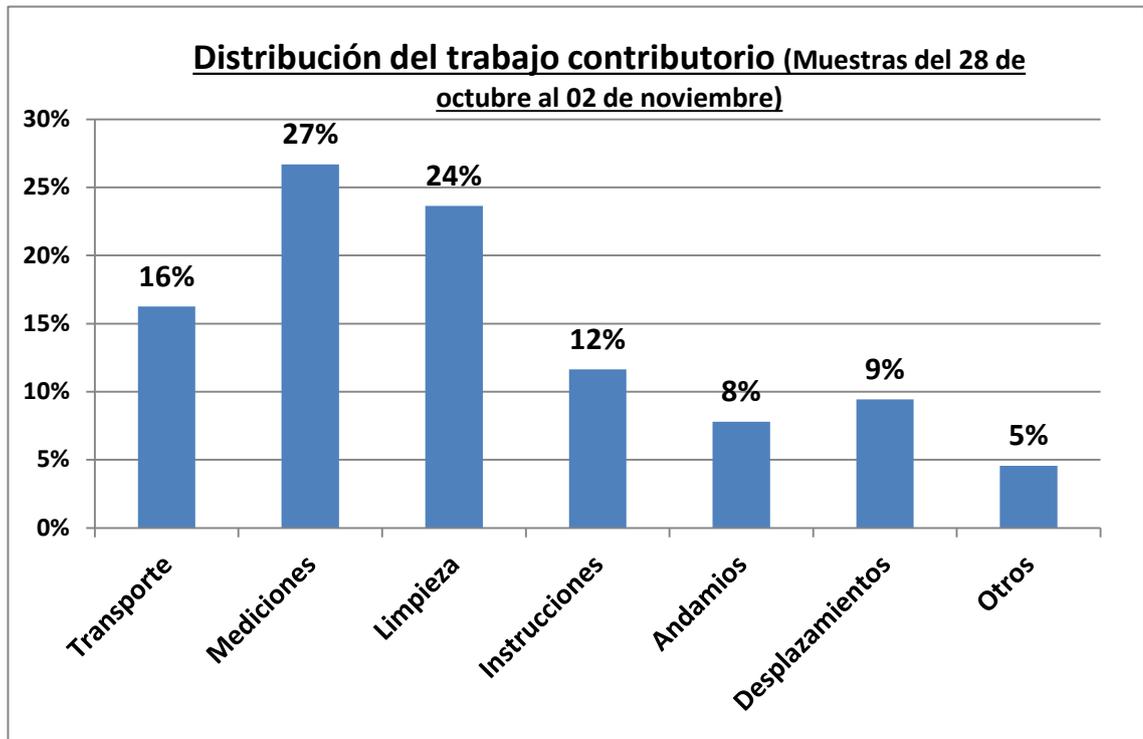


Fig. 17. Distribución del trabajo no contributivo. Muestras de 28 oct. al 02 de noviembre.



5.6 Presentación y Análisis de Resultados

5.6.1. Nivel de productividad en el proyecto

Se realizó la siguiente clasificación de los tipos de trabajo:

Trabajos productivos:

- Colocación de armaduras o colocación de concreto.
- Encofrados
- Excavaciones
- Asentado de ladrillo

Trabajos contributorios:

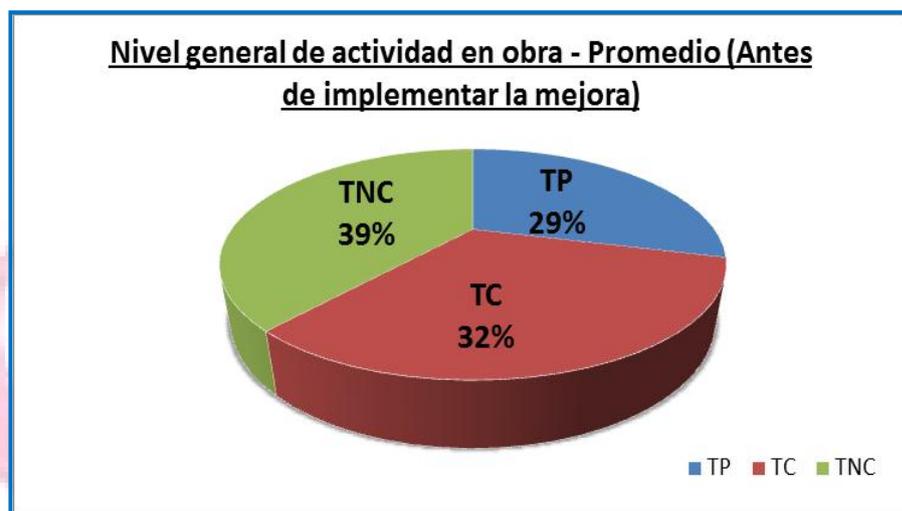
- Transporte de algún elemento.
- Realizar mediciones, lectura de planos.
- Realizar actividades de limpieza.
- Instrucciones (recibir o dar).
- Preparación de mezclas.
- Andamios, plataformas y/o elementos de protección.
- Desplazamientos.
- Desencofrados
- Colocación de separadores de concreto.

Trabajos no contributorios:

- Descanso
- Esperas
- Trabajo rehecho
- Necesidades fisiológicas
- Tiempo ocioso
- Desplazamientos
- Traslado de un lugar a otro.

Para cada uno de los procesos analizados se calculó que porcentaje en tiempo se dedicaba al desarrollo de las *actividades productivas*, *actividades contributorias* y *actividades no contributorias*. A continuación se muestra los porcentajes promedio de tiempos del trabajo, obtenidos de las muestras de campo presentando los *Trabajos Productivos (TP)*, *Contributorios (TC)* y *No Contributorios (TNC)*.

5.6.2. Nivel de Productividad Promedio (Antes de la mejora)



Nivel general de actividad en obra – Promedio de las muestras tomadas.

Según el presente estudio el Nivel Promedio de Productividad de la mano de obra resulta ser de **29.00%**, observándose que la mayor cantidad de tiempo, **38.50%**, es dedicado a *actividades no contributorias*.

En el siguiente diagrama se muestran las *actividades no productivas*. Donde podemos notar que las actividades de **Desplazamientos**, **Esperas** y **Trabajos rehechos** son las de mayor incidencia con **35.19%**, **24.27%** y **17.78%** respectivamente.

La actividad de *Desplazamientos*, se observaban a los operarios desplazándose por el interior de la obra sin transportar ninguna herramienta o material en sus manos o viajes sin llevar nada en las manos).

En la actividad *Esperas*, se detectó que la mayor parte del tiempo invertido se produjo durante los días de colado de concreto. Gran parte de los operarios que realizaban esta tarea quedaron literalmente parados a la espera de la llegada de los camiones mixer, que en algunos casos superó los 07 minutos. También se produjo este inconveniente al cambiar de una tarea a otra (pasar de colar concreto un tabique a otro, a una losa, etc.) en la que los obreros deben esperar a que acomoden nuevamente los accesorios de bombeo, terminar de ajustar encofrados, etc.

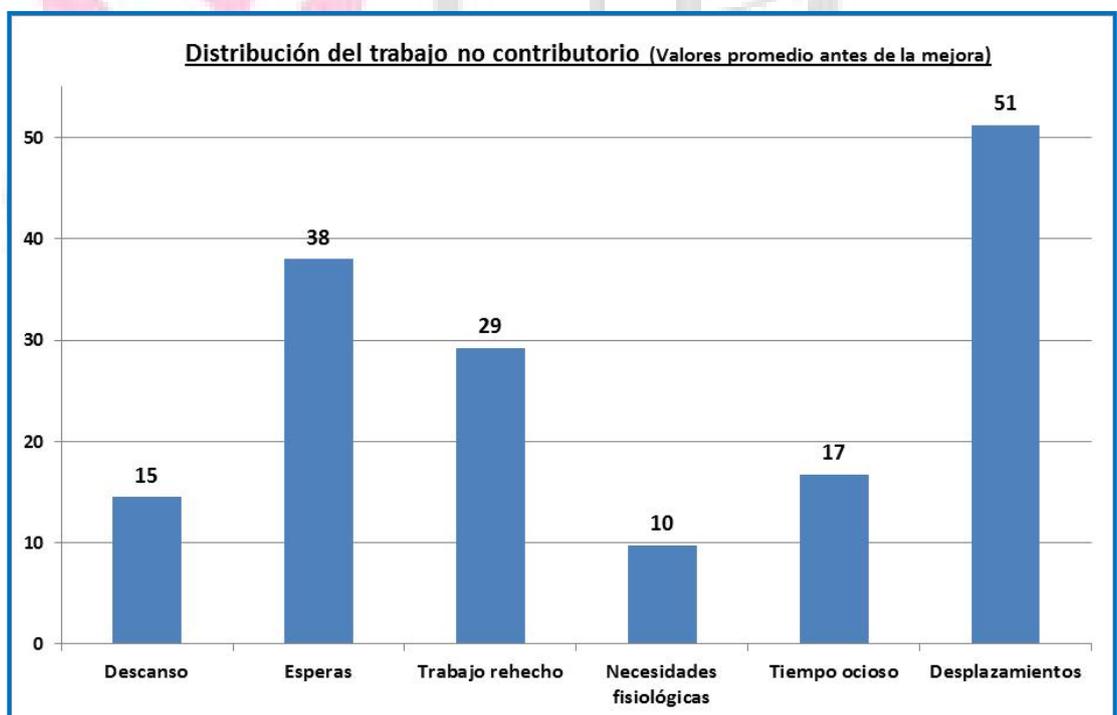


Fig. 19. Distribución del trabajo no contributorio. Valores promedio antes de implementar la mejora.



UTPC

Categoría y causas del tiempo no contributivo

Item	Categoría	Código	Causa
10	Descanso	401	Agotamiento
11	Esperas	101	Falta de equipos y/o herramientas
		102	Falta de materiales
		103	<u>Sobredimensión de cuadrilla</u>
		104	Actividad previa sin culminar o mal trabajada
		105	Falta de continuidad
		106	Cambio de mixer

		107	Falta de instrucción
12	Trabajo rehecho	601	Trabajo mal ejecutado
		602	Dañado por otra cuadrilla
		603	Falta de planeación
		604	Cambio de planos o especificaciones
13	Necesidades fisiologicas	501	Hidratación
		502	Aseo personal
		503	Otros
14	Tiempo ocioso	201	Actitud del trabajador
		202	Tomando decisiones
		203	<u>Sobredimensión de cuadrilla</u>
		204	Falta de supervisión o de control
		205	Conversando
15	Desplazamientos	301	Falta o mala distribución de recursos
		302	Falta de supervisión o de control
		303	<u>Sobredimensión de cuadrilla</u>
		304	Pobres condiciones de trabajo
		305	Actividad previa sin culminar o mal trabajada
		306	Metodos inadecuados
		307	Cambio de planos o especificaciones

Tabla 03: Cuadro de categoría y causas del tiempo no contributorio.

6 Propuestas de mejoras

Se trata de aplicar el principio de mejoramiento del desempeño en la construcción, empleando herramientas y técnicas que den respuestas rápidas y oportunas a los problemas básicos de baja productividad en los procesos constructivos. Siendo nuestras metas:

Tomar acciones correctivas que ayuden a superar las deficiencias.

Aumentar la productividad a través de un mejoramiento continuo de las deficiencias en el desarrollo de las operaciones de construcción.

Para lograr esto se llevó a cabo un método de control de los métodos y procedimientos de trabajo en campo, con lo cual se dispuso de herramientas básicas para:

Categorizar el tiempo empleado, identificando las causas de ocurrencia de pérdidas, buscando la eficiencia del trabajo productivo, minimizando el tiempo dedicado al contributivo y eliminando el tiempo no contributivo.

1.- Identificar pérdidas más frecuentes

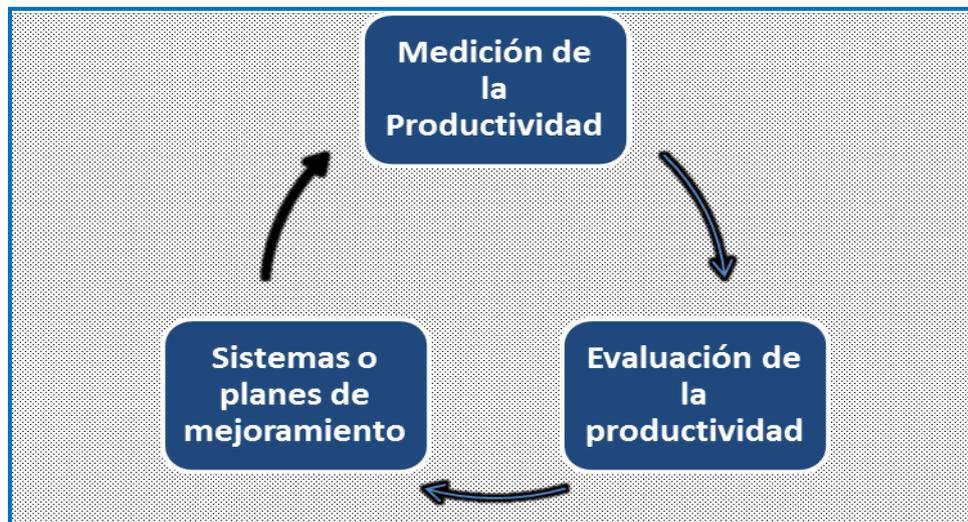
2.- Identificar las fuentes de pérdidas más frecuentes

3.- Entregar información sobre causalidad percibida

4.- Con ello, nos permitirá analizar los potenciales impactos de cada fuente.

En función de las actividades relevadas como resultados del muestreo del trabajo, tanto *contributivos* como *no contributivos*, se proponen medidas para minimizar los efectos de las pérdidas en obra, disminuir los trabajos no productivos y las detenciones.

Fig. N° 20. Ciclo de mejoramiento de la Productividad.



Fuente: Administración de operaciones de construcción, SERPELL ALFREDO

- Formalizar una mejor coordinación con los proveedores de materiales, lo que podría reducir notablemente los tiempos improductivos, exigiendo a estos cumplir con el horario de entrega pactado.
- Programar aquellas tareas libres de restricciones, que se puedan realizar en caso de demoras en la entrega de material. (Análisis de restricciones).
- Abastecer de líquido por medio de bebederos a los operarios en cada nivel y sector dentro de la obra.
- Implementar cuadrillas de apoyo para evitar el *transporte* excesivo de herramientas y materiales dentro de la obra, así como también de armado y desarmado de *andamios*.
- Definir sectores específicos para acopio de materiales cercano a los lugares de trabajo.

- Implementar contenedores de basura o escombros en cada sector y nivel de trabajo para concentrar las actividades de *limpieza*.
- Revisar o rediseñar la metodología de trabajo implementada para ciertas tareas críticas.
- Mejorar el control sobre aquellas tareas definidas como críticas.
- Las *Esperas y Desplazamientos* son dos de las actividades que más contribuyen en los niveles registrados de tiempos de trabajos *No Contributorios*. Una de las causas que la originan es la sobredimensión de las cuadrillas por lo que recurrimos al empleo de *la carta balance*, como una herramienta estadística que permite describir en forma detallada el proceso de una operación de construcción para buscar su optimización.

El objetivo de la carta balance es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, mas que la eficiencia de los obreros.

A continuación se presenta dos muestras de *carta balance* efectuadas en obra, la primera se trata del colado de concreto en losa aligerada registrada el 18 de octubre y la segunda muestra el colado de concreto en placas de concreto armado registrado el 17 de octubre.

Toma de muestras: Carta balance del 18 de octubre 2013, del colado de concreto en losas aligeradas

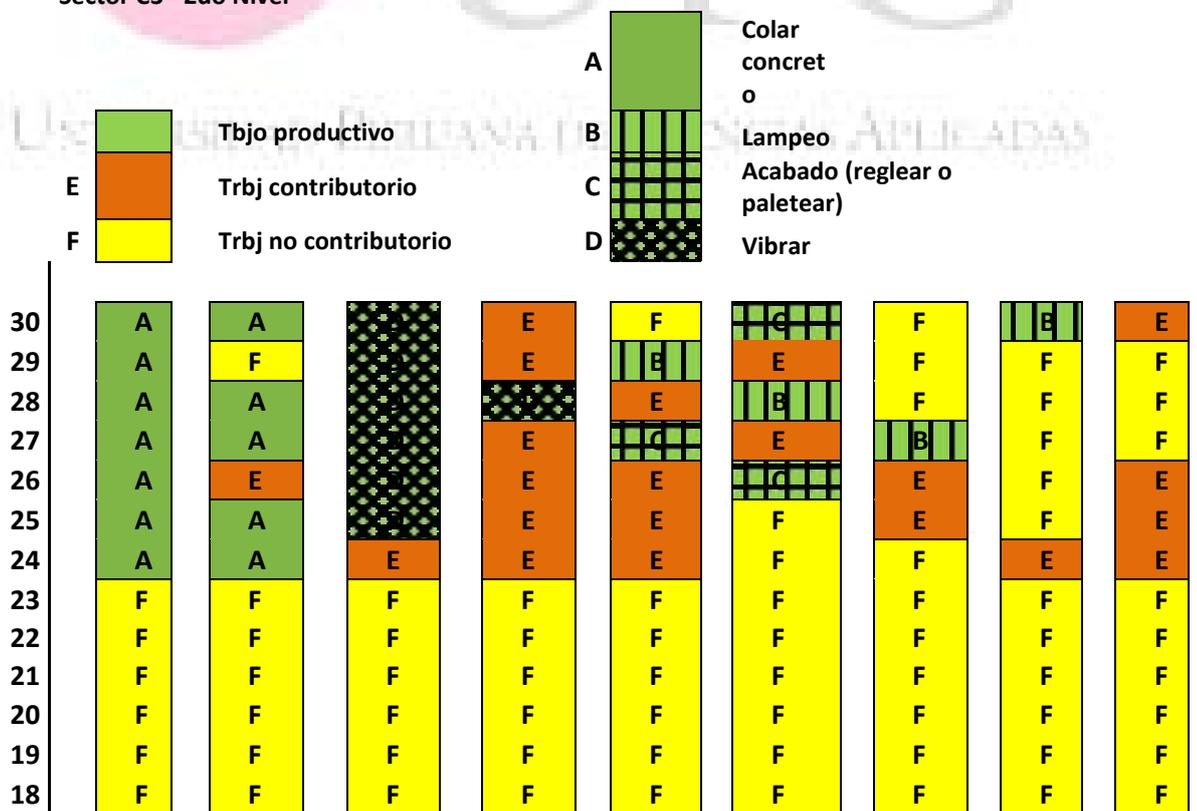
Carta Balance: colado de concreto en losa aligerada

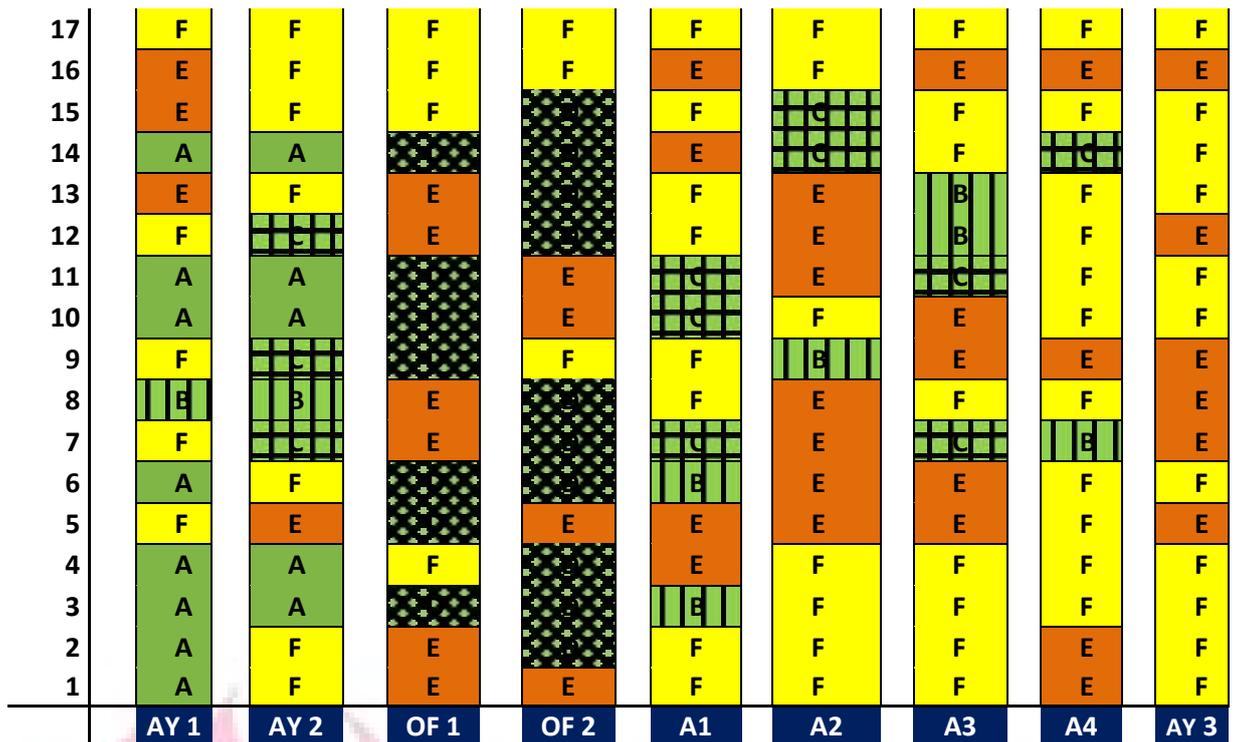
Cuadrilla: concreto en techo

Obra: Nuevo hospital de Lima Este

Fecha: 18 de oct 2013

Sector C3 - 2do Nivel





Gracias a esta información es posible generar proposiciones de trabajo, que favorezcan un cumplimiento más eficiente de la colocación de concreto en losa aligerada.

En este ejemplo se pretende demostrar brevemente la aplicabilidad de las *cartas de balance* para acusar ineficiencias en los ciclos de trabajo, por problemas de distribución de recursos. La operación analizada consiste en el colado de concreto premezclado en losas aligeradas. El concreto es enviado desde una bomba que descarga en ciertos puntos del techo, las que son dispersados a través de lampas.

El problema que se quiere mostrar es de fallas en el aprovisionamiento del concreto, debido a que existen agentes externos que perjudican el normal y continuo abastecimiento del concreto, dejando ociosa a la cuadrilla de colado alrededor de 07 a 08 minutos, tal como se puede apreciar en la anterior carta de balance.

Propuesta de optimización de cuadrilla: Carta balance

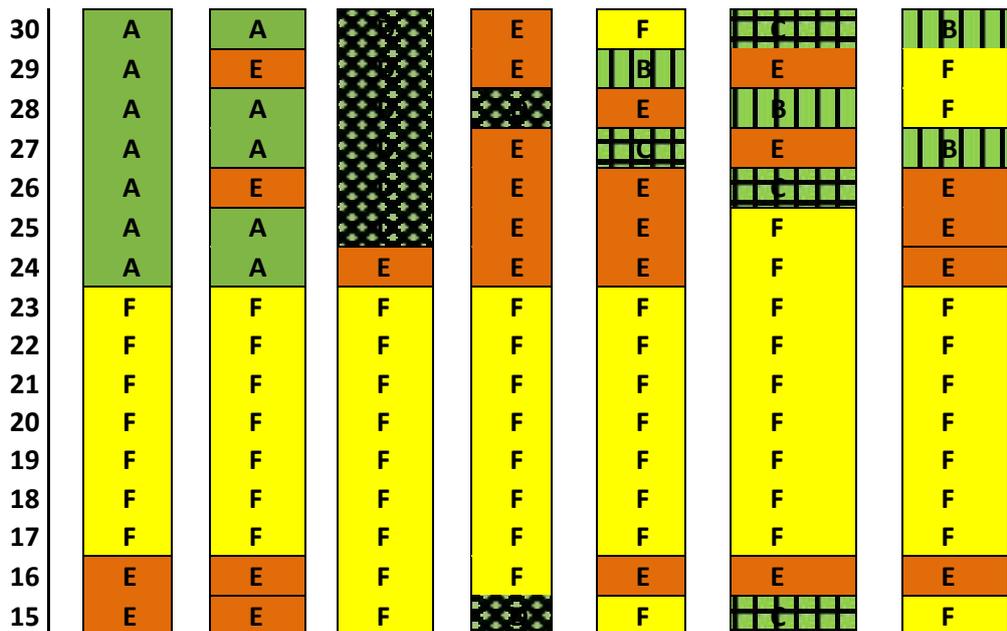
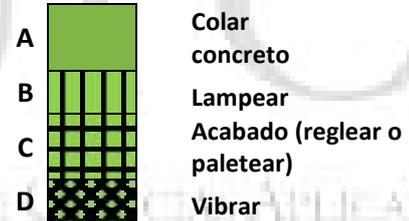
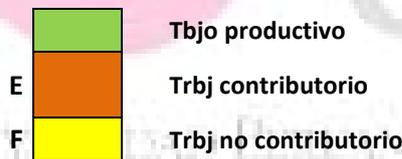
Carta Balance: colado de concreto en losa aligerada

Cuadrilla: concreto techo

Obra: Nuevo hospital de Lima Este

Fecha: 18 de octubre

Sector C3 - 2do Nivel



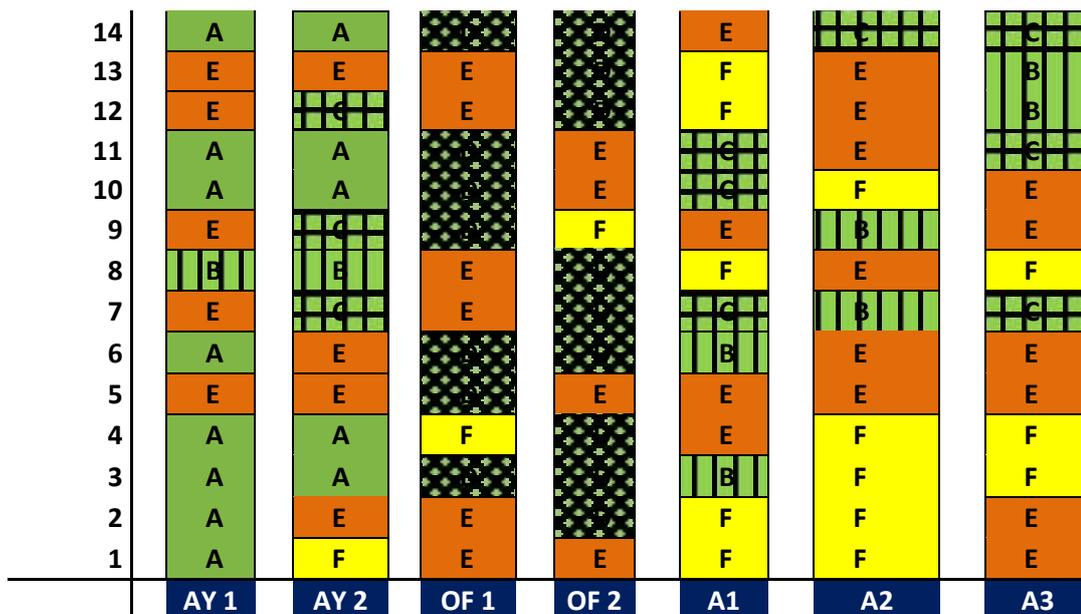
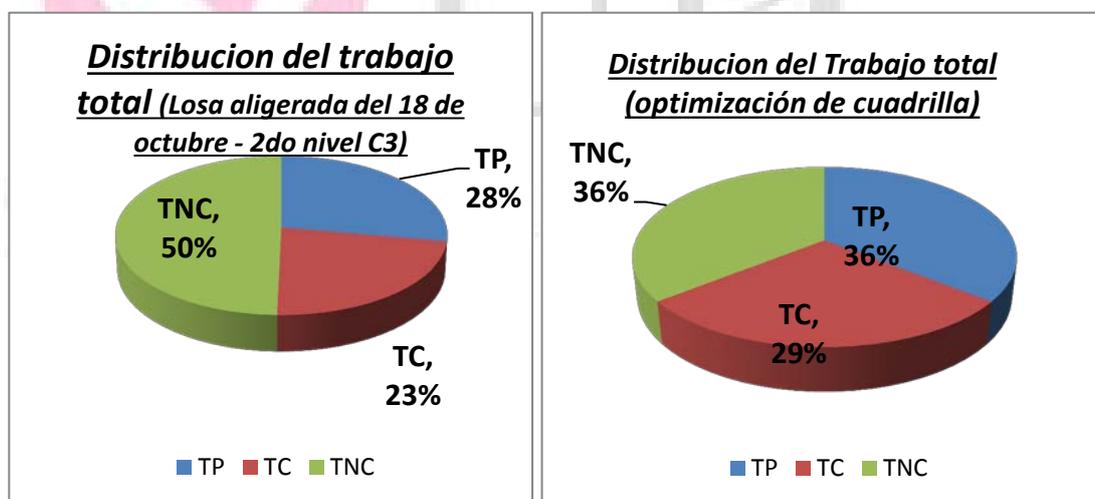


Fig. 21. Comparativo de la distribución del trabajo total, carta balance inicial vs. Carta balance optimizada – Colado de concreto losa aligerada.



Los tiempos productivos del albañil 04 (A4) y el ayudante 03 (AY3) encajan en los tiempos *NO PRODUCTIVOS* del resto de integrantes de la cuadrilla.

Se puede lograr la optimización de la cuadrilla de 09 integrantes inicialmente a contar finalmente con 07 personas.

Con ello logramos reducir los tiempos *No Contributorios* en las actividades de *espera, tiempo ocioso* y fundamentalmente los tiempos de *desplazamiento*.

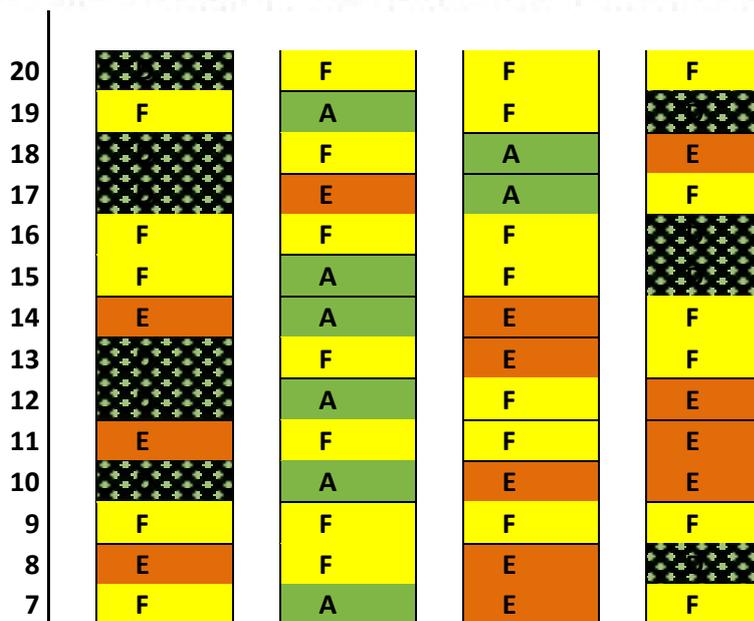
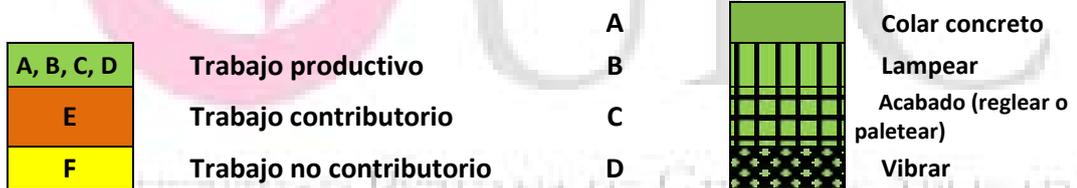
Toma de muestras: Carta balance del 25 de febrero 2014, del colado de concreto en placas de concreto armado.

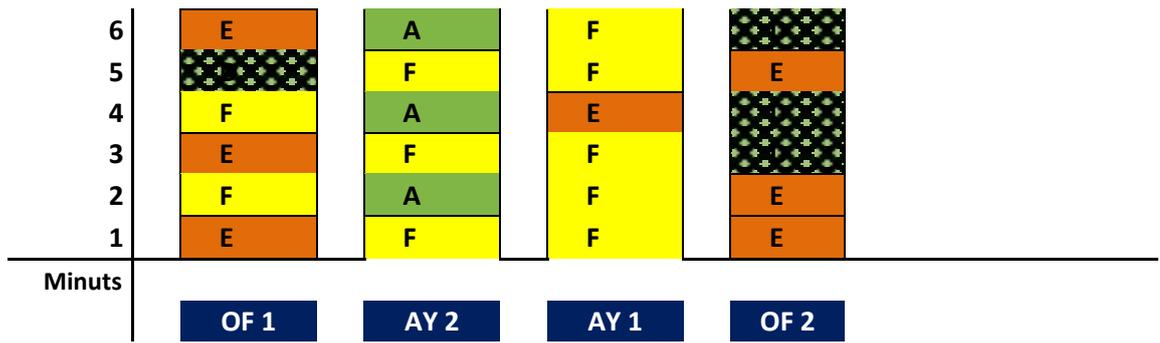
Carta Balance: colado de concreto en placa

Cuadrilla: Colado de concreto en placa

Fecha: 25 de febrero 2014

Sector C2 - 5to Nivel





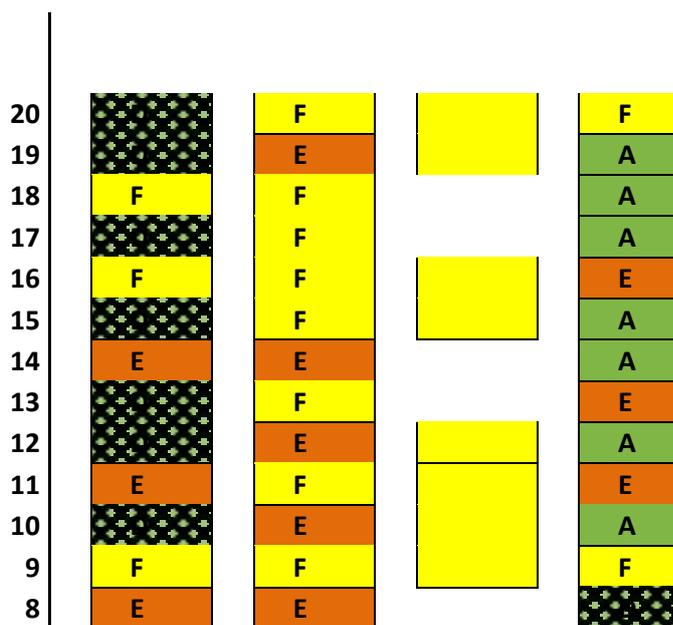
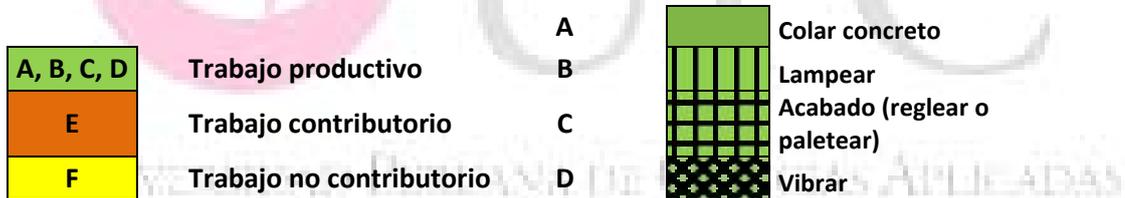
A continuación se presenta la propuesta de optimización de cuadrilla: Carta balance.

Carta Balance: colado de concreto en placa

Cuadrilla: Colado de concreto en placa

Fecha: 25 de febrero 2014

Sector C2 - 5to Nivel



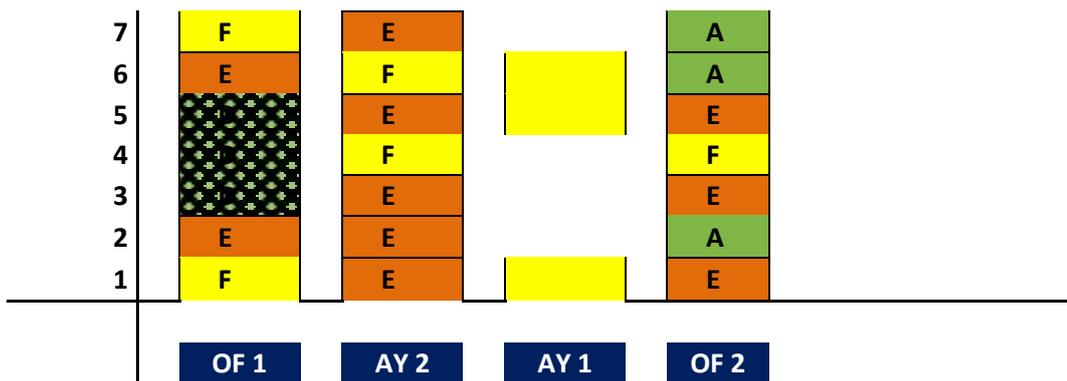
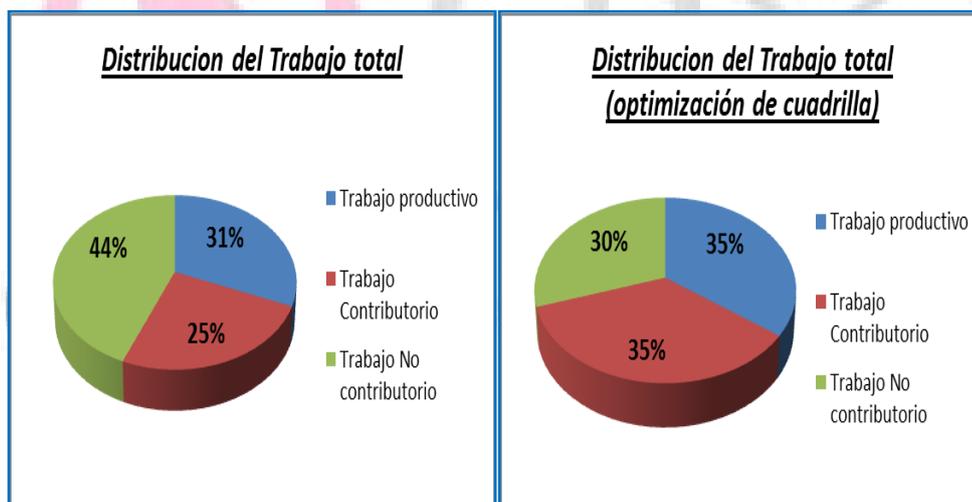


Fig. 22. Comparativo de la distribución del trabajo total, carta balance inicial vs. Carta balance optimizada – Colado de concreto en placa.



El tiempo productivo del ayudante 02 (AY2) encaja en los tiempos NO PRODUCTIVOS del resto de integrantes de la cuadrilla.

Se puede lograr la optimización de la cuadrilla de 04 integrantes inicialmente a contar finalmente con 03 personas.

Con ello logramos reducir los tiempos No Contributorios en las actividades de *espera, tiempo ocioso* y fundamentalmente los tiempos de *desplazamiento*.

6.1. Nivel de Productividad Promedio (Después de la implementación de herramientas para la mejora).

Fig. 23. Nivel general de actividad en obra: Muestras registradas en el mes de febrero 2014 (posterior a la implementación de mejoras).

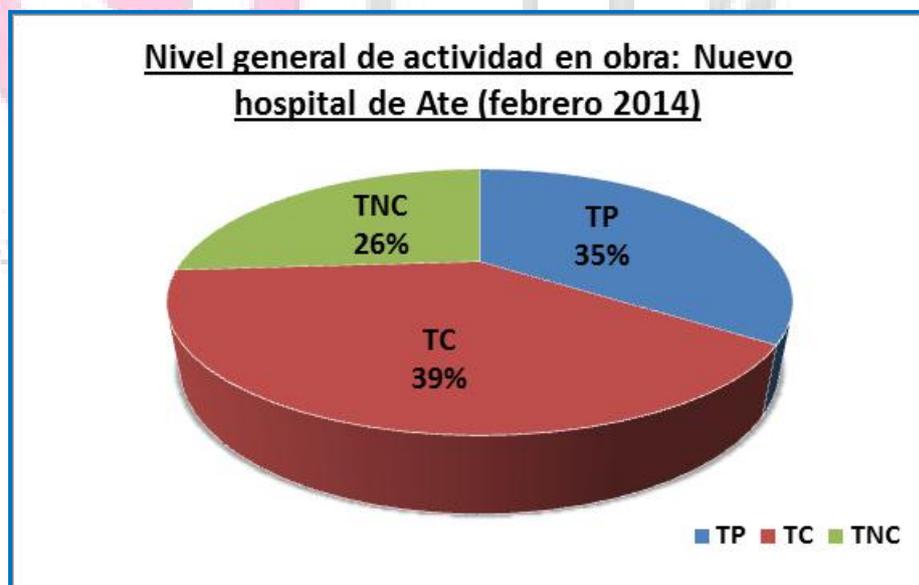
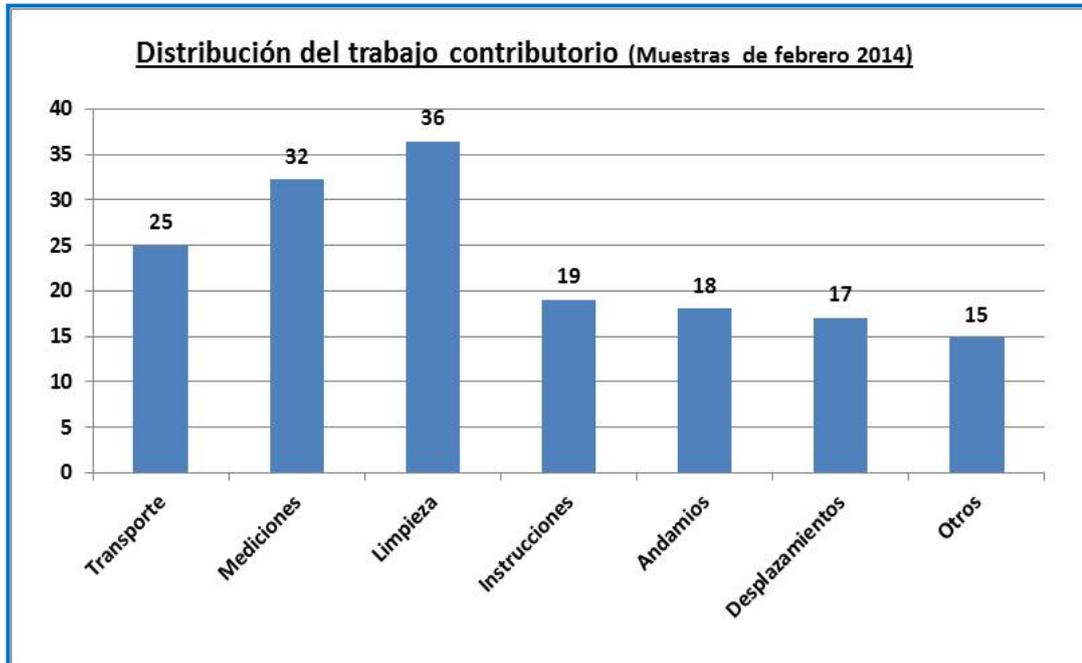


Fig. 24. Distribución del trabajo no contributivo: Muestras registradas en febrero 2014 (posterior a la implementación de mejoras).



6.1.1. Comparativo de los Niveles de Productividad Antes y después de la mejora

Fig. 25. Cuadro comparativo. Nivel general de actividad antes y después de implementar la mejora.

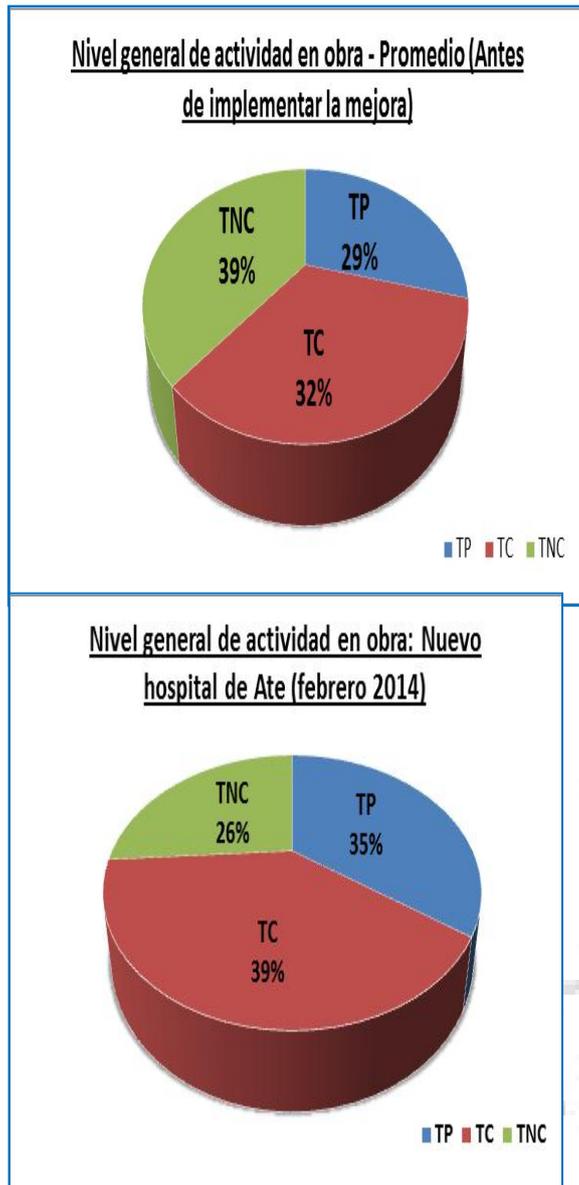
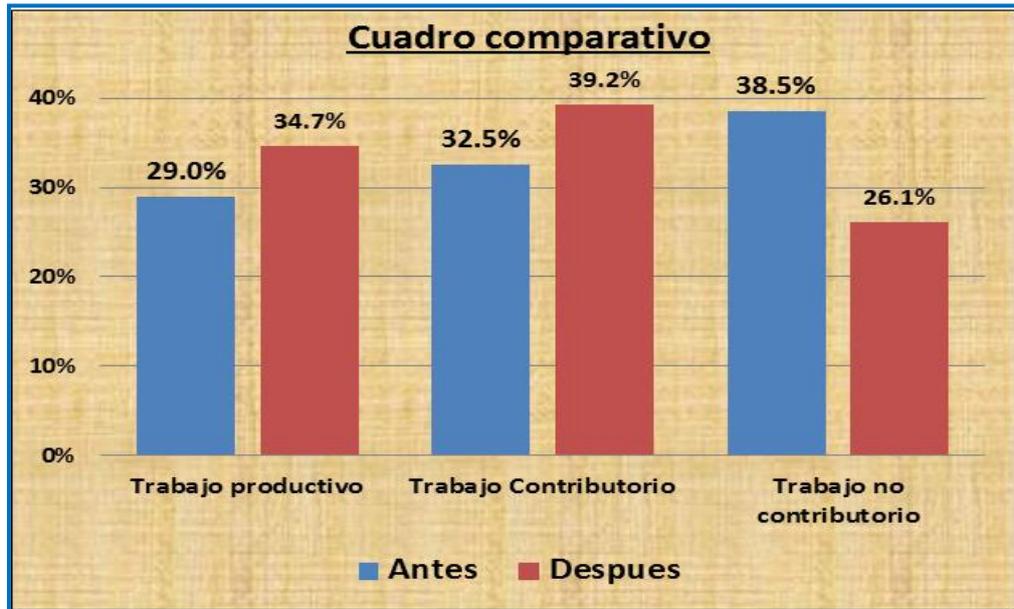


Fig. 26. Cuadro comparativo de los tipos de trabajo antes y después de la mejora.



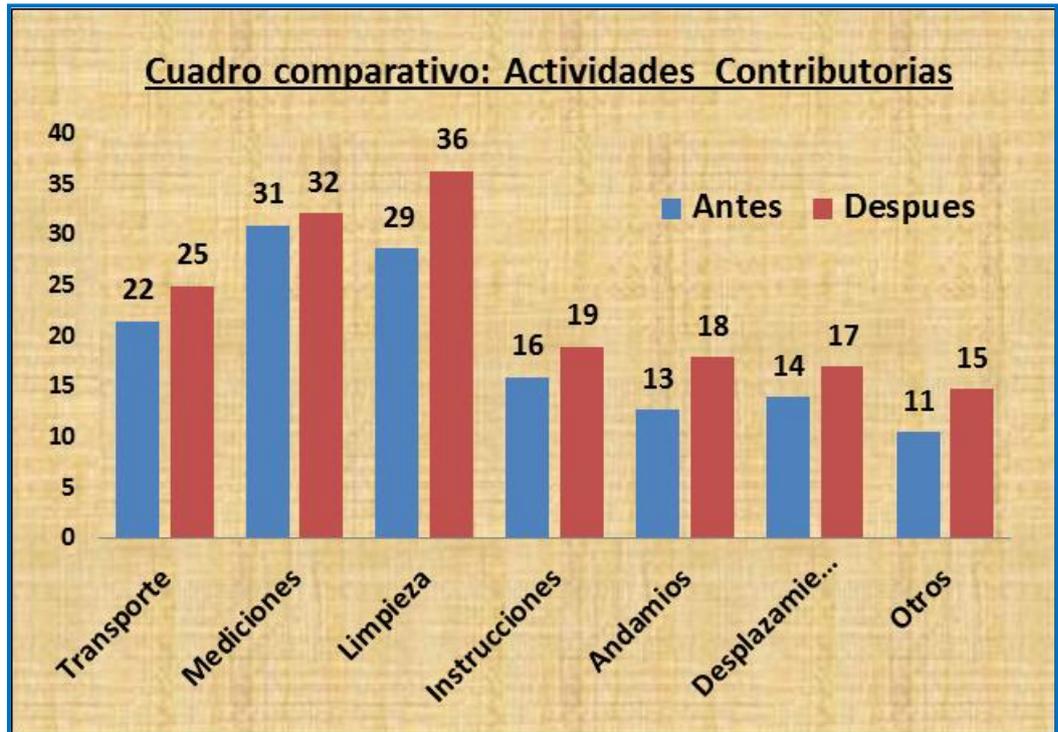
Comparando los resultados, los registrados antes de implementar una serie de medidas y los resultados obtenidos después de la implementación de herramientas para la sistema de mejora en este estudio, obtenemos el siguiente cuadro:

TP Trabajo Productivo de un **29.00%** mejora a **34.70%**

TC Trabajo Contributorio de un **32.50%** asciende a **39.20%**

TNC Trabajo No Contributorio de un **38.50%** desciende a **26.10%**

Fig. 27. Cuadro comparativo de las actividades contributorias, antes y después de la mejora.



Además de las actividades *contributorias* podemos apreciar,

Transporte de todo de 22 a 25

Mediciones se mantiene en 32

Limpieza de todo de 29 a 36

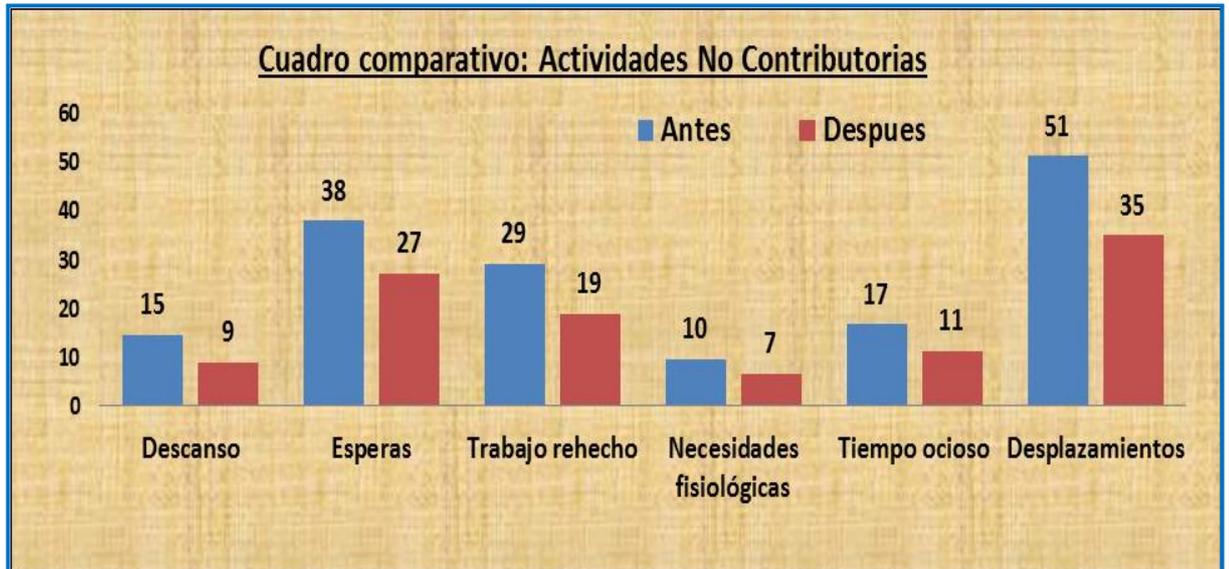
Dar y recibir *instrucciones* de 16 a 19

Armado y desarmado de *andamios* de 13 a 18

Desplazamientos con algún elemento para producir de 14 a 17

Otros de 11 a 15

Fig. 28. Cuadro comparativo de las actividades no contributorias, antes y después de la mejora.



y de las actividades *no contributorias* podemos apreciar,

Descanso de 15 a 9

***Esperas* de 38 a 27**

***Trabajo rehecho* de 29 a 19**

Necesidades fisiológicas de 10 a 7

Tiempo ocioso de 17 a 11

***Desplazamientos* de 51 a 35**

A partir del grafico anterior podemos distinguir las variaciones encontradas entre la actual medición y la realizada antes de la implementación de la mejora.

En la que podemos notar que las actividades *No Contributorias* han disminuido, fundamentalmente lo podemos notar en la actividad de *desplazamiento, esperas* y *trabajo rehecho*, pero eso no ocurre con las *Actividades Contributorias*, donde podemos apreciar que la actividad de *limpieza* y *andamios* han aumentado su

registro. La actividad *transporte* ha reducido su cantidad. Vemos que las actividades como *instrucciones* y *desplazamientos* sus diferencias en sus mediciones no es relevante.

Se sabe que existe una relación directa entre la administración y el nivel de productividad de la obra, resultando que las obras con una mejor planificación contribuyen con elevar su nivel de productividad en comparación a las obras que no realizan una adecuada planificación.

En la presente investigación consideramos dentro de la gestión además de la planificación, la ejecución de la obra y el control que se realiza en ella. Determinando el nivel de gestión en base a la organización de la constructora.

Analizamos en la presente obra el tipo de Gestión según los siguientes tres parámetros, encontrándose un bajo nivel de gestión, sustentamos lo dicho por lo siguiente:

6.1.1.1. De planificación:

Tipo de planificación: Se encontró una planificación general y se asigna el trabajo en función a los recursos y al trabajo disponible.

Autor de la planificación: Se realiza en coordinación entre el Residente y Maestro de Obra. A partir de sus experiencias.

Planificación de procesos y de utilización de recursos: Se planifica el uso de los recursos, pero no la forma de ejecución de los procesos.

De lo que se deduce en cuanto a *la Planificación*, una REGULAR GESTION.

6.1.1.2. De ejecución:

Transmisión de la planificación: Se establecen las metas de forma verbal, se transmiten al maestro y capataces en forma verbal.

Responsable de la construcción: Se tiene un equipo responsable profesional y técnico de la obra que trabaja en forma organizada.

Distribución de recursos durante la ejecución: El Ingeniero de campo distribuye los recursos (MO, materiales y equipos).

De lo que se deduce en cuanto a *la Ejecución*, una REGULAR GESTION.

6.1.1.3. De Control:

Tipo de control por parte del personal profesional: Recorridos por obra diarios e reuniones esporádicas. Con informes semanales e informes esporádicos de productividad.

Actualización de la planificación: Reprogramación periódica, considerando el avance sin tomar rendimientos. Se trabajan horas extras, para cubrir los atrasos

De lo que se deduce en cuanto a *al Control*, una REGULAR GESTION

En resumen, se tiene una REGULAR GESTION DE OBRA.

Por lo que se adicionó a la planificación a nivel master y el lookahead de tres semanas ya existentes, una programación de corto plazo (actividades semanales) en coordinación con el personal técnico y profesional apoyándose con la información registrada en obra, tal como se muestra en el gráfico N° 19.

Fig. 30. Cuadro modelo de análisis de restricciones.

Análisis de restricciones		NOVIEMBRE																								
Descripción de la partida	Responsable	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
Movimiento de tierras																										
Trazo y replanteo sótano																										
Trazo y replanteo Primer Nivel																										
Presentación de certificación de calibración	Richard Villanueva																									
Equipo topográfico, yeso (02)	Richard Villanueva																									
Excavación de zapatas																										
Liberación de restricción N° 10	Americo Tagle							X																		
Retroexcavadora + guía	Richard Villanueva											X														
Excavación de bordes (añas) p/plateas de cimentación																										
Retroexcavadora	Richard Villanueva																									
Guía u orientador	Richard Villanueva																									
Relleno compactado con material de préstamo																										
Pruebas de laboratorio(Afirmado)	Richard Villanueva																									
Pruebas de densidad de campo	Juan Ramirez																									
Liberación de restricción N° 07																										
Afirmado(120 m3 diarios)	Richard Villanueva																									
Relleno compactado con material propio zapatas																										
Relleno compactado con material propio zanjas																										
Nivelación interior y apisonado c/ material propio																										
Apisonadores (02)	Giancarlo Neyra																									
Peon (02)	Richard Villanueva																									
Concreto Armado																										
Losas de piso																										
Losa de piso, Concreto f _c = 210 kg/cm ²																										
Poliza de seguros SCTR de trabajadores (08)	Giancarlo Neyra																									
Charla de inducción (08)	Ana Calderon/ Joel Gayoso																									
Pruebas de densidad de campo	Richard Villanueva																									
Solicitud de concreto premezclado (60 m3 diarios)	Richard Villanueva																									
Losa de piso - Acero de refuerzo F _y =4200 kg/cm ²																										
Poliza de seguros SCTR de trabajadores (06)	Giancarlo Neyra																									
Charla de inducción (06)	Ana Calderon/ Joel Gayoso																									
Llegada a obra de Alambre # 16 / 1 Tn semanal	Luis Piscocya																									
Llegada a obra de acero corrugado 20 Tn semanal	Juan Ramirez																									
Zapatas																										
Zapatas - Acero de refuerzo F _y =4200 kg/cm ²																										
Llegada a obra de Alambre # 16 / 1 Tn	Luis Piscocya																									
Llegada a obra de acero corrugado 40 Tn	Americo Tagle																									
Zapatas, Concreto f _c = 210 kg/cm ²																										
Llegada del concreto premezclado (40 m3 diario)	Richard Villanueva																									
Cono de abrams	Richard Villanueva																									
Moldes para probetas	Richard Villanueva																									

7 Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- A partir de los resultados obtenidos posteriores a la implementación de las medidas señaladas, podemos afirmar que el nivel de productividad se incrementó de 29% a 34.70%, porcentaje bastante considerable.
- El empleo de herramientas como la carta balance y nivel general de actividades, nos permiten identificar hechos que afectan la productividad.
- Las actividades *no contributivas* han disminuido como lo podemos notar fundamentalmente en las actividades “desplazamientos”, “esperas” “trabajo rehecho” ocurriendo lo contrario con las *actividades contributivas*, donde podemos apreciar que las actividades de “limpieza” y andamios” han aumentado sus porcentajes.
- Al incorporar una planificación específica de corto plazo aportó para incrementar el nivel de productividad. Esta planificación incluye el uso de materiales, equipos y mano de obra. Se tiene un control por parte del plantel profesional: recorridos de obra, reuniones semanales, informes periódicos de productividad, avance y calidad. En base a los datos obtenidos, se actualiza la planificación de la obra en forma continua.
- La supervisión de la obra es una medida indispensable para el control y seguimiento de los procesos, ya que es una herramienta clave para el

reconocimiento de errores y un mecanismo para interrelacionar los diferentes procesos de la obra.

- Categorizar el trabajo resulta ventajoso y de gran importancia, ya que de esa manera, es más sencillo identificar las actividades *productivas, contributorias y no contributorias*, para así de manera más rápida y efectiva corregir y disminuir los porcentajes de las actividades que no agregan valor al proyecto, ya que estas son las actividades que causan retrasos en los plazos de ejecución y sobrecostos económicos.
- El análisis de operaciones mediante *Cartas de Balance*, forma parte del estudio de real efectividad para el aumento de la productividad de las faenas y en particular de operaciones específicas. Entre los principales beneficios adicionales que se han percibido en terreno se cuentan los siguientes:
 - Mejor comprensión de la ejecución de la operación por parte del personal que participa en ella
 - Mejor definición de las tareas de cada obrero,
 - Mejoras en la supervisión,
 - Disminución de accidentes,
 - Disminuciones en los costos de la obra al reducirse o evitarse atrasos de avance dada la mejor interacción de sus recursos.
 - Lo más relevante de esta discusión de los resultados corresponde a la necesidad imperiosa de una revisión periódica de las demoras excesivas, de

los problemas de transporte y de la utilización deficiente de los recursos en la ejecución de las operaciones importantes de la faena.

- El principio que debe tenerse en cuenta es el de no aceptar que lo tradicional es necesariamente eficiente. El presente trabajo demuestra que en muchos de los métodos de trabajo tradicionalmente utilizados, existen posibilidades concretas de mejoramiento, que pueden aportar en forma importante a la reducción de los costos de construcción a través de un mejoramiento de la productividad en obra.
- La Carta Balance, es una de las técnicas más recomendadas para estructurar las relaciones entre los recursos componentes de las cuadrillas y especialmente para la mano de obra.
- El control de la productividad garantizará la identificación a tiempo de problemas de productividad y las causas que lo producen.

7.2 Recomendaciones

- Conocer el estado actual de la obra de manera eventual o periódica, a través de aplicar métodos y técnicas de control y seguimiento de la productividad es de mucho provecho, dado que nos permite planificar con mayor certeza y confiabilidad, al mismo tiempo que nos permite distinguir con mayor precisión las oportunidades de mejora del proceso elegido.

- El analizar las causas de incumplimiento (PPC) nos servirán para tomar acciones sobre las causas identificadas y hacer seguimiento al resultado de dichas acciones.
- Para una buena ejecución del proyecto, es necesaria una adecuada transmisión de la planificación, siendo necesario especificar bien las tareas y los avances a cumplir.
- Una adecuada distribución de los recursos es importante para no generar pérdidas en el proceso constructivo. Por ello es necesario contar con personal capacitado y enterado de la planificación y su distribución.
- Si existieran cambios posteriores en el proyecto, deben ser comunicados a todos los involucrados en el mismo, para que se tomen las medidas correctivas necesarias
- Actualización periódica del programa que se obtienen en base a la información real de: las fechas de inicio y fin de las actividades, el avance de las mismas y el uso de los recursos asignados. Las reprogramaciones son una categoría especial de actualizaciones del programa, derivadas de cambios en el alcance del programa o en atrasos significativos.
- Documentación de lecciones aprendidas, principales eventos del Proyecto; errores, éxitos, causas de desviaciones, variaciones, acciones correctoras etc. deben documentarse para formar la base de datos histórica del Proyecto, para que sirva de base para otros proyectos similares a ejecutarse en el futuro.

- Aumentar la supervisión en la obra, ya que las revisiones periódicas son de mucha importancia y utilidad para la mejora de la productividad.
- Es recomendable que se realice anotaciones de cómo se realizaba el trabajo, con que materiales, herramientas o equipos, que tipo de interrupciones hubieron, rendimientos, etc. con el objetivo de optimizar la cuadrilla.
- Se desprende que se debe realizar con mayor frecuencia una inspección dentro del proceso de cada operación.

8 Fotos de obra



Foto N° 01.- Colocación del acero corrugado en platea y vigas de cimentación pertenecientes al Sector C1.



Foto N° 02.- Trabajo contributivo, actividad de “desplazamiento” de encofrado en el tercer nivel del Sector C3.



Foto N° 03.- Edificio Sector C.

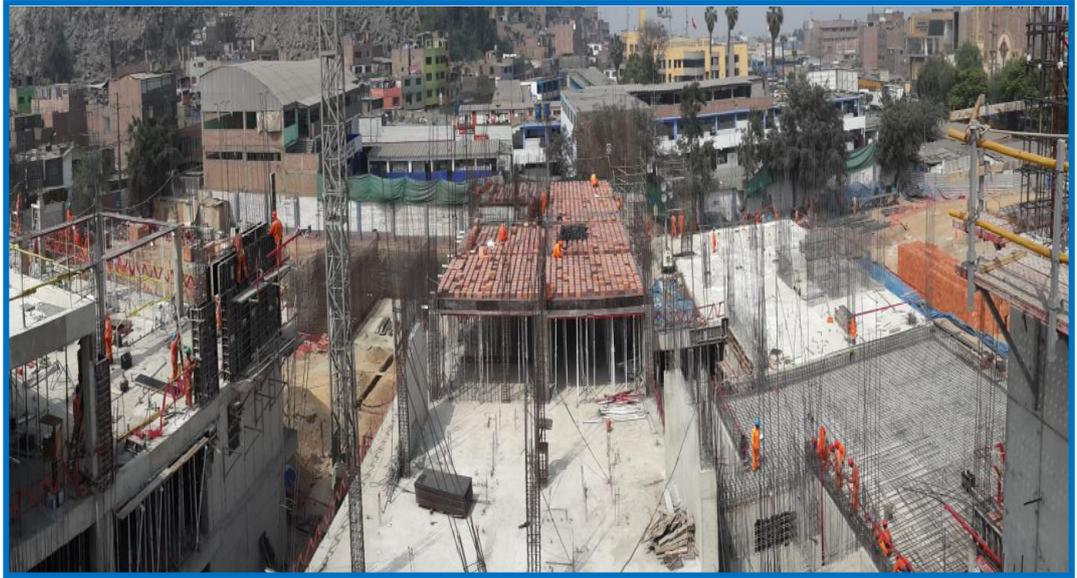


Foto N° 04.- Vista donde se aprecia el sector C1, donde se levanta el primer nivel de cinco en total de dicho edificio.



Foto N° 05.- Espera de mixer de concreto, colado de concreto en losa aligerada del primer nivel Sector C3.



Foto N° 06.- Vista de techo aligerado del sector C3, próxima a colar concreto.

9 Bibliografía

GHIO Castillo, Virgilio (2001) Productividad en obras de construcción diagnóstico, crítica y propuesta. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

GHIO Castillo, Virgilio (1997) Guía para la innovación tecnológica en la construcción. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

SERPELL B., Alfredo (2002) Administración de Operaciones de Construcción. Segunda edición: Alfaomega Editores.

BOTERO B., Luis Fernando (2002) Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra. Medellín: Fondo editorial Universidad EAFIT.