

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

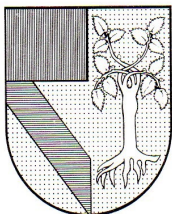
CAMPUS GUADALAJARA

“BARRERAS DEL FLUJO DE TRABAJO EN LA CONSTRUCCIÓN”

ARQ. ALDO NÚÑEZ SALCEDO

Tesis presentada para optar por el grado de
Maestro en Administración de la Construcción
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios
de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., 4 de diciembre del 2017



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

Zapopan, Jalisco, Diciembre 2017

MTRO. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE
EXÁMENES DE GRADO
P R E S E N T E.

Me permito hacer de su conocimiento que el Sr. Aldo Núñez Salcedo, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa TESIS, titulada:

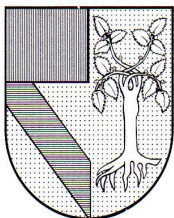
“BARRERAS DEL FLUJO DE TRABAJO EN LA CONSTRUCCIÓN”

Manifiesto que, después de haber sido dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

A T E N T A M E N T E

DR. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
ASESOR DE TESIS



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C. Sr. Aldo Núñez Salcedo
P r e s e n t e.

En mi calidad de presidente de la Comisión de Exámenes de Grado, y después de haber analizado el trabajo de titulación presentado por usted en la alternativa de **TESIS**, titulada:

“BARRERAS DEL FLUJO DE TRABAJO EN LA CONSTRUCCIÓN”

Le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen de Grado, por lo que deberá de entregar ocho ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

ATENTAMENTE

DR. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN
DE EXAMENES DE GRADO

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a todas las personas que formaron parte de alguna manera en este proceso.

A mis compañeros, maestros, amigos, familia.

A todos los involucrados terminamos siendo una gran familia.

AGRADECIMIENTOS

Hay muchos involucrados en estos meses, y en esta culminación de la maestría. Me gustaría empezar agradeciendo a dos personas que fueron en gran parte la ayuda y asesoría para poder terminar esta tesis: Francisco Moreno y Francisco Orozco.

Quiero agradecer a mis padres Marco y Carmen, a Bárbara y a Carlos que sin ellos esto no hubiera sido posible, gracias por su gran apoyo y por entender el poco tiempo que les pude ofrecer durante este proceso, por ser tan pacientes conmigo y porque siempre me dieron razones para continuar con la maestría.

Gracias a todos mis maestros, por aportar todo su conocimiento en las aulas, y por comprender en algunos días las complicaciones del trabajo, por poner su empeño y dedicación en que sus alumnos puedan ser personas mejor preparadas.

Gracias al Dr. Francisco de la Mora por ser parte de la revisión y aprobación de esta tesis.

Gracias a todos mis compañeros, que sin ellos esta experiencia no hubiera sido tan enriquecedora en todos los aspectos. Gracias por su amistad y por su apoyo.

Gracias a mis amigos, no por entender, sino por aguantar este proceso en el cual dejé de compartir muchas cosas con ellos.

Gracias a Joel, que todos los días de clases nos atendió con una sonrisa en la cara, al personal de la UP por tener las instalaciones siempre listas para que pudiéramos tomar clases en aulas limpias, y a los becarios que nunca dudaron en proporcionar su ayuda.

Gracias a Dios y a todos los que fueron de alguna manera parte de este logro.

RESUMEN

Esta tesis desarrolla un trabajo de investigación en cuanto a la productividad de la mano de obra dentro de la construcción, y analiza cuáles son las barreras del flujo de trabajo en la misma.

Del mismo modo contiene la aplicación de diferentes métodos de medición que varían en sus resultados y análisis, y a partir de los cuales se hacen evidentes las áreas de mejora dentro de una obra, para así lograr modificaciones y mejoras de la productividad. Así mismo, se abordan y generan temas que permiten generar propuestas de mejora para aumentar la productividad.

Se utilizaron los siguientes métodos de medición:

- Medición de actividades: en base a la observación y recorrido por el sitio.
- Método del retraso de la productividad: en base a la observación y mediciones por cuadrilla.
- Encuestas de Detenciones: encuesta a los encargados de cuadrilla.

El resultado general de las mediciones muestra la cantidad de tiempo perdido o de actividades que no agregan valor a la obra, y en base a esto se pudieran tomar decisiones respecto a la modificación de cuadrillas, de la conformación de la obra así como la ubicación de instalaciones para personal o bodegas.

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Justificación.....	14
1.2 Antecedentes.....	14
1.3 Hipótesis y Objetivos	15
1.3.1 Hipótesis	15
1.3.2 Objetivo General	16
1.3.3 Objetivos Específicos	16
1.4 Alcance.....	16
1.5 Metodología.....	17
1.6 Descripción.....	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Introducción.....	18
2.2 Fuentes de Información	19
2.3 Conceptos básicos de productividad	19
2.3.1 Productividad.....	19
2.3.2 Marco para la mejora de la productividad.....	20
2.3.3 Las técnicas para medir y mejorar la productividad	21
2.3.4 Medición en campo	22
2.3.5 Muestreo del Trabajo.....	23
2.3.6 Técnica del rango de los minutos	24
2.3.7 Encuesta de campo.....	25
2.3.8 Encuesta de Detenciones (Foreman Delay Survey)	25
2.3.9 Cuestionario al Oficial.....	25
2.3.10 Modelo del Método de Retraso en Productividad.....	26
2.3.11 Actividad Productiva	27
2.3.12 Actividad Contributoria.....	27
2.3.13 Actividad No Contributoria	28
2.3.14 Pérdida.....	28
2.3.15 Unidad de Producción	28
2.3.16 Ciclo de Producción.....	29
2.3.17 Leading Resource o Recursos Principales	29
2.3.18 Retraso.....	29

CAPÍTULO III MEDICIÓN.....	30
3.1 Introducción	30
3.2 Caso de Investigación	30
3.2.1 Características generales	31
3.3 Tamaño de la muestra de la Población	33
3.4 Método de medición	33
3.5 Diseño de Herramientas de Medición	34
3.5.1 Medición de Actividades	34
3.5.2 Método del Modelo del Retraso de la Productividad (MPDM por sus siglas en inglés)	36
3.5.3 Encuesta de Detenciones	36
3.6 Resultados	37
3.6.1 Observaciones:	37
3.6.2 Encuestas de Detención	43
3.6.3 Cartas de balanza	46
3.7 Observaciones y Comentarios de Resultados	49
CAPÍTULO IV ANÁLISIS	49
4.1 Introducción	49
4.2 Método de Análisis	50
4.3 Análisis de la Muestra.....	50
4.3.1 Medición de Actividades	50
4.3.2 Detenciones	63
4.3.3 Técnica de Rango de los Minutos o Balanzas	65
4.4 Observaciones y Comentarios	69
CAPÍTULO V CONCLUSIONES	71
5.1 Introducción	71
5.2 Conclusiones	71
5.3 Recomendaciones	73
5.4 Futuras Investigaciones Afines	74
Bibliografía.....	75
Anexos	77

Índice de Tablas

TABLA 1. RESULTADO DE LA ECUACIÓN.....	33
TABLA 2. FORMATO DE MEDICIÓN DE ACTIVIDADES.....	35
TABLA 3. FORMATO METHOD PRODUCTIVITY DELAY MODEL	36
TABLA 4. FORMATO DE ENCUESTAS DE DETENCIONES.....	37
TABLA 5. VACIADO DE LAS ACTIVIDADES	39
TABLA 6. VACIADO DE LAS ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS	40
TABLA 7. VACIADO DE LAS ACTIVIDADES NO CONTRIBUTORIAS	41
TABLA 8. RESUMEN TOTAL DE LAS ACTIVIDADES	42
TABLA 9. SUMATORIA DE LA ENCUESTA DE DETENCIONES DE LA ACTIVIDAD COLOCACIÓN DE BLOCK	43
TABLA 10. RESUMEN DE LA ENCUESTA DE DETENCIONES DE LA ACTIVIDAD COLOCACIÓN DE BLOCK.....	44
TABLA 11. SUMATORIA DE LA ENCUESTA DE DETENCIONES DE LA ACT PINTURA.....	45
TABLA 12. RESUMEN DE LA ENCUESTA DE DETENCIONES DE LA ACT PINTURA.....	46
TABLA 13. CARTA DE BALANZA DE OBRA CIVIL (1) DE MEDIA TENSIÓN	47
TABLA 14. CARTA DE BALANZA DE OBRA CIVIL (2) DE MEDIA TENSIÓN	48
TABLA 15. CARTA DE BALANZA DE CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN.....	48
TABLA 16. CONTEO DE ACTIVIDADES	77

Índice de Figuras

FIGURA 1. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LA OBRA.	17
FIGURA 2. MARCO PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD (THOMAS & SAKARCAN, 1994)	20
FIGURA 3. CROQUIS DE DE LA OBRA.....	32
FIGURA 4. GRÁFICA DE PROMEDIOS DE ACTIVIDADES.....	42
FIGURA 5. GRÁFICAS DE NIVEL ÓPTIMO Y DE MUESTREO OPTIMO (DOZZI, 1993)	50
FIGURA 6. GRÁFICA DE RESUMEN DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.	52
FIGURA 7. GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS.	53
FIGURA 8. GRÁFICA DE RESUMEN DE ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS.....	54
FIGURA 9. GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES NO CONTRIBUTORIAS.	58
FIGURA 10. GRÁFICA DE RESUMEN DE ACTIVIDADES NO CONTRIBUTORIAS.....	59
FIGURA 11. GRÁFICA DE ACTIVIDADES DIARIAS.	60
FIGURA 12. GRÁFICA RESUMEN DE ACTIVIDADES DIARIAS.....	63
FIGURA 13. GRÁFICA DE PARETO DE ENCUESTA DE DETENCION DE COLOCACIÓN DE BLOCK.....	63
FIGURA 14. GRÁFICA DE PARETO DE ENCUESTA DE DETENCION DE PINTURA.	64
FIGURA 15. GRÁFICA DE BALANZA DE OBRA CIVIL DE MEDIA TENSIÓN.	65
FIGURA 16. PARETO DE ACTIVIDADES DE OBRA CIVIL DE MEDIA TENSIÓN.	65
FIGURA 17. GRÁFICA DE BALANZA DE OBRA CIVIL DE MEDIA TENSIÓN 2.....	66
FIGURA 18. PARETO DE ACTIVIDADES DE OBRA CIVIL DE MEDIA TENSIÓN 2.....	67
FIGURA 19. GRÁFICA DE BALANZA DE CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN.	68
FIGURA 20. PARETO DE ACTIVIDADES DE CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN.	68
FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DIARIA DE ACTIVIDADES.....	84
FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN DIARIA DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.....	85
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN DIARIA DE ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS.	86

FIGURA 24. DISTRIBUCIÓN DIARIA DE ACTIVIDADES NO CONTRIBUTORIAS..... 87

FIGURA 25. GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DIARIA DE ACTIVIDADES..... 88

Índice de Ecuaciones

ECUACIÓN 1: PRODUCTIVIDAD (DOZZI, 1993)..... 20

ECUACIÓN 2 MEDICIONES EN CAMPO (DOZZI, 1993) 22

ECUACIÓN 3 UNIVERSO INFINITO (OCHOA, 2013) 33

Índice de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 CRONOLOGÍA DE LA OBRA..... 55

ILUSTRACIÓN 2 CRONOLOGÍA DE LA OBRA (2) 56

ILUSTRACIÓN 3 CRONOLOGÍA DE LA OBRA (3) 57

ILUSTRACIÓN 4 TOMAS LATERALES CRONOLÓGICAS 61

ILUSTRACIÓN 5 TOMAS LATERALES CRONOLÓGICAS (2) 62

ILUSTRACIÓN 6 UBICACIÓN DE BODEGAS 70

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

En los últimos meses (septiembre 2015 –febrero 2016) me encuentro en una obra que tiene un cronograma muy ajustado y que por experiencia sé que se van a presentar incrementos en tiempo y costos, por lo que creo que es importante comprobar que las pérdidas en una obra, tienen un costo muy elevado, observando sus factores.

Como he podido observar, las actividades no productivas son algo común en la construcción, por lo que considero menester intentar reducirlas lo más posible, en medida que la supervisión sea la correcta.

Introduciendo en esta obra herramientas de medición y control, debiendo ser metódico, pero a la vez lo suficientemente flexible para permitir que ciertas actividades cambien dependiendo de las circunstancias que se presenten, ya sea en una cierta obra, o en otra con características y condiciones diferentes.

Es de gran importancia mantener el proyecto dentro de los parámetros planificados, por lo que debemos saber manejar retrasos y tener un buen manejo de información y conocimientos para la buena administración de un proyecto.

1.2 Antecedentes

El aumento en la producción ha sido estudiado por múltiples sectores industriales, especialmente en donde la competencia fuerza a las empresas a incrementar su desempeño (Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos (Guía del PMBOK), 2013).

Es un hecho que el sector de la construcción es muy significativo en el aspecto económico del país. Los problemas que se presentan en el ramo de la construcción son conocidos en el medio, entre los más importantes podemos hacer mención de los siguientes (Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos (Guía del PMBOK), 2013).

- Baja productividad,
- Pobre calidad,
- Altos índices de accidentes,
- Desviaciones en cumplimiento de plazos y presupuestos, entre otros.

Hoy en día, las empresas en el ramo de la construcción se enfrentan a estos desafíos continuamente, para lo cual se han estudiado a fondo maneras para reducir las pérdidas y desvíos presentados por los índices anteriores, esto con la finalidad de ser más competitivos y reducir los costos (Arcudia Abad, Solis Carcaño, & Baeza Pereyra, 2004).

Con esta necesidad a mediados de los 80, se creó “*Lean Construction*”, que aplica una filosofía orientada a mejorar la productividad en el rubro de la construcción, y cuyo objetivo principal es la eliminación de las actividades que no agregan valor a los sistemas (pérdidas), y de esta manera utilizar de una manera más eficiente los recursos (Botero, 2003).

Las primeras ideas de la filosofía de producción “Lean”, se originaron en Japón en el año 1950, las cuales fueron aplicadas en el sistema Toyota. Las ideas básicas en el sistema de producción Toyota son la eliminación de inventarios y las pérdidas (considerando las actividades que no producen valor como una pérdida), limitación de la producción a pequeñas partes, reducir o simplificar su estructura de producción, utilización de máquinas semiautomáticas, cooperación entre los proveedores, entre otras técnicas (Botero, 2003).

1.3 Hipótesis y Objetivos

1.3.1 Hipótesis

Esta tesis se desarrollará bajo esta hipótesis:

“DETECTAR LAS ACTIVIDADES NO PRODUCTIVAS EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PERMITE GENERAR PROPUESTAS PARA MAXIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD.”

1.3.2 Objetivo General

Determinar las fuentes causantes de pérdidas en el proceso productivo en proyectos de construcción.

1.3.3 Objetivos Específicos

- Determinar los factores causantes de pérdidas relacionadas con la mano de obra que se utiliza en el proceso productivo de la construcción.
- Identificar el origen de cada una de las fallas encontradas en el desarrollo de las actividades de construcción referentes a la mano de obra en la edificación.
- Hacer un enfoque preciso en las actividades que no producen valor a la obra.

1.4 Alcance

La investigación se desarrollará en un proyecto específico en la Zona Metropolitana de Guadalajara, en la cual se evaluarán experimentalmente diversas técnicas de gestión dentro de una obra en construcción de tipo comercial.

Los parámetros con los que se define la población, objeto de estudio, son los siguientes:

- Tipo de empresa.
- Tipo de proyecto.
- Etapa del proyecto.
- Ubicación del proyecto.

El proyecto a ser evaluado será: Centro Comercial Punto Oriente ubicado en la Av. José María Iglesias No. 3150 entre las calles de Cairo y Teherán, en el municipio de Guadalajara, en Jalisco.

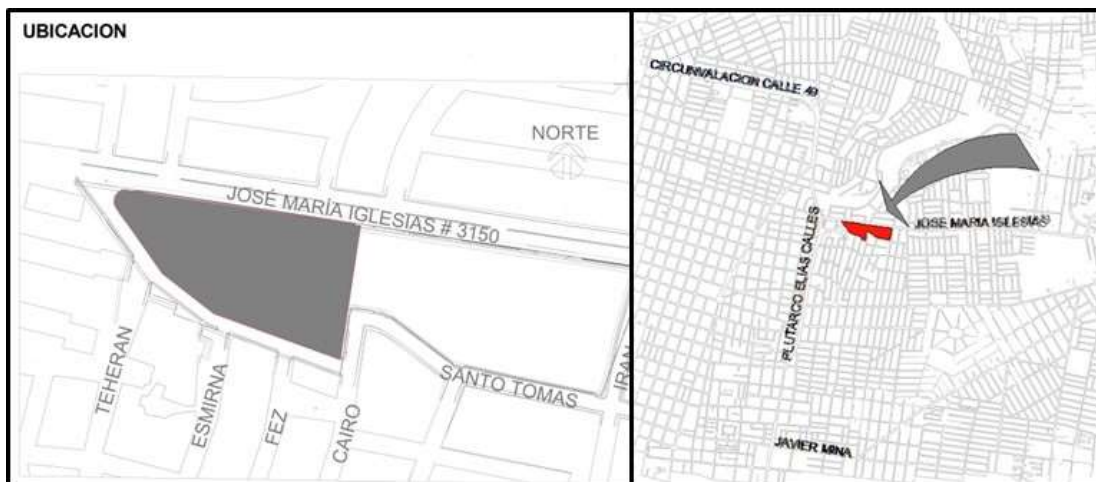


FIGURA 1. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LA OBRA.

1.5 Metodología

La metodología utilizada en este trabajo de investigación comienza con el selectivo planteamiento de los objetivos y la hipótesis contenidos en la tesis.

Ya asentados los conceptos anteriores se ejecuta un marco teórico donde se investigan los antecedentes de una manera amplia, relacionados al flujo de trabajo en la construcción.

Se consultan fuentes primarias y secundarias de información, para tratar de mencionar en alguna medida, la extensión de la información relevante existente en investigaciones anteriores que puedan contribuir al desarrollo de la tesis.

Teniendo la información mencionada, y con base en la misma, se busca detectar cuáles son las actividades que no producen valor en una obra (considerando nuestro caso de estudio), mediante diferentes métodos de medición, permitiéndonos con esto llegar a un análisis de cuáles son los principales problemas dentro de la obra, poder modificarla, su manejo, su personal y maximizar la productividad de la misma (Calzeta Valdez, 2012).

Posteriormente, se presentan las conclusiones y recomendaciones, así como sugerir nuevas líneas de investigación que se puedan relacionar con este tema de investigación.

1.6 Descripción

En esta tesis se usarán como referencia y marco teórico temas como el flujo, la productividad, ingeniería de valor, la calidad en la construcción, y *Lean Construction*; todos éstos enfatizando cómo es que las actividades agregan o no valor a la construcción, y cómo se pueden disminuir las que no lo agregan.

Habrá que analizar entonces qué tipo de obra se evaluará y las características que tiene (ubicación, tamaño, tipo de obra, empresas que participan, tipo de terreno, circunstancias sociales, etc.), y a partir de esto, hacer una medición a través del tiempo, del tipo de actividades que se desarrollan en la obra y en qué medida agregan o no valor.

Con base en los resultados de las mediciones y las entrevistas se podrá determinar un *layout* (distribución de la obra u organización de la obra) y otras recomendaciones que propicien un aumento porcentual de las actividades que agreguen valor, reduciendo las actividades que no contribuyen o generan valor, y que tienen un costo que rara vez es medido en las obras.

Las gráficas y resultados nos ayudarán a entender las tendencias de las pérdidas, y así poderles dar una solución a los problemas que podamos encontrar.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Este capítulo contiene un compendio de las fuentes de información, del significado, y aplicación de temas importantes como son: *Lean Construction*, Análisis de Tiempos, y Productividad, entre otros (Salem, Solomon, Genaidy, & Luegring, 2005).

Estas herramientas permitirán hacer un análisis certero del tipo de actividades que ocurren dentro de la obra, facilitando visualizar las pérdidas en H.H. (horas – hombre) para toma de decisiones, ya sea con una modificación del *layout* de obra y poder hacer recomendaciones o encontrar la fuente del problema (Salem, Solomon, Genaidy, & Luegring, 2005).

Además, se definirán y describirán conceptos de continuo uso durante el desarrollo de la tesis, como son: actividades productivas, actividades contributorias, actividades no contributorias, pérdida, etc. (Halpin & Riggs, 1992); & (Dozzi, 1993).

2.2 Fuentes de Información

La información recabada para esta tesis se obtiene de:

- Bibliotecas: ya sea físicas o virtuales, de las que se obtienen artículos y libros relacionados con el tema, pudiendo contener información sobre metodologías, o que puedan ayudar a explicar de manera amplia los conceptos a definir dentro de la tesis.
- Universidad: Se obtienen artículos o *journals*, los cuales son información científica, con la que se puede profundizar en los temas relacionados con la tesis.
- Internet: Se busca obtener investigaciones similares para la viabilidad del proyecto, así como proveer un panorama mucho más amplio de la investigación.

En su redacción se manejó el modelo APA para el correcto manejo de las fuentes (Trías, 2009).

2.3 Conceptos básicos de productividad

A continuación, se mencionan los conceptos básicos para determinar la productividad dentro del ámbito de la construcción, para lo cual se verá el tema y una breve descripción de cada uno de ellos.

2.3.1 Productividad

Muchos términos se utilizan para describir la productividad en la industria de la construcción: factor de rendimiento, índice de producción, rango de unidad de personas-hora (p-h) entre otros. Tradicionalmente, la productividad ha sido definida como la relación de entrada/salida, es decir, la proporción de la entrada de un recurso asociado (por lo general, pero no necesariamente expresado en p-h) a la salida real (en la creación de valor económico) (Dozzi, 1993).

Las dos medidas más importantes de la productividad del trabajo son: (Dozzi, 1993)

- La eficacia con que la mano de obra se utiliza en el proceso de construcción.
- La eficacia relativa del trabajo, haciendo lo que es necesario hacer en el momento y lugar determinados.

La productividad es la relación entre la cantidad que se produce y los recursos que se utilizan (de cualquier tipo). Empero, la productividad no puede existir sin un estándar alto de calidad, debe involucrar eficiencia y efectividad (Serpell Bley, 2002).

La relación entre lo que produce una organización (productos y servicios) y los recursos (insumos y otros) requeridos para ello es conocido como productividad. La productividad se cuantifica dividiendo la producción entre los recursos usados para lograrla.

$$Productividad = \frac{Producción}{trabajo + material + energía + capital + varios}$$

ECUACIÓN 1 PRODUCTIVIDAD (DOZZI, 1993)

2.3.2 Marco para la mejora de la productividad en la construcción

La mejora de la productividad en la construcción se entiende mejor cuando el proceso de construcción se visualiza como un sistema completo, como se muestra en la figura 2 (Thomas & Sakarcan, 1994).

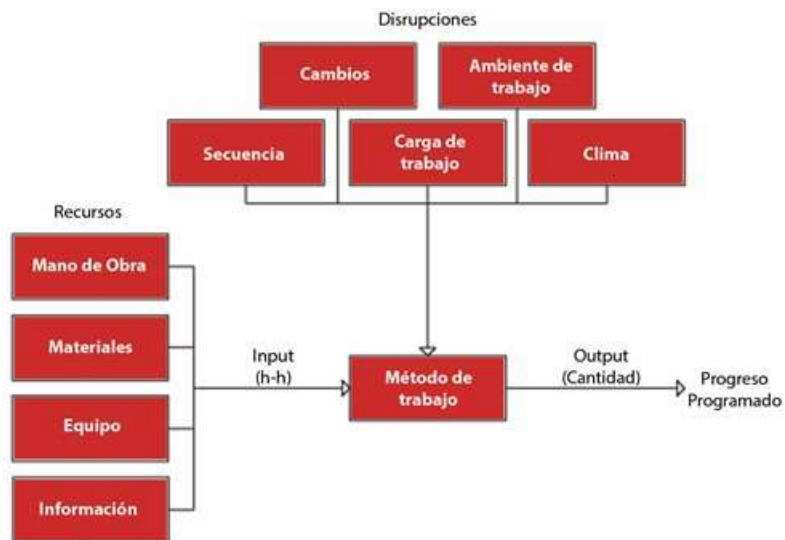


FIGURA 2. MARCO PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD (THOMAS & SAKARCAN, 1994)

El sistema está compuesto por el proyecto de construcción, para el cual el material, personal, equipo, gestión, y la administración (dinero) son insumos. Ellos son consumidos por el sistema en el proceso de producción de la unidad de construcción. El control del sistema se consigue mediante la recolección y procesamiento de la información acerca de las tasas a las que se alcanza la producción (Dozzi, 1993) & (Serpell Bley & Alarcón Cárdenas, 2009).

Para medir las entradas/salidas, en el parámetro definido como productividad, se utilizan dos tipos de entrada al sistema: la hora-hombre/unidad y el costo/unidad. La primera se centra sólo en mano de obra y se utiliza para las operaciones de trabajo intensivo. El segundo, el costo/unidad, combina todos los aspectos. La productividad de una operación se mide y se compara con los valores estimados y/o presupuestados (Dozzi, 1993).

Si la productividad actual se compara no-favorablemente con los valores estimados, las categorías de entrada que afectan a la productividad en el sistema, es decir, la disponibilidad del material, la eficiencia laboral y las prácticas de administración, deben ser examinadas.

Para mejorar la eficacia laboral, varios factores pueden ser abordados, incluyendo la motivación, la seguridad en el trabajo, factores ambientales y las limitaciones físicas. Las prácticas administrativas incluyen el cronograma, planificación, recopilación de datos, análisis de puestos, y el control. La disponibilidad de los materiales se garantiza mediante la programación adecuada de adquisiciones, plano del sitio (logística, *layout*), y otras cuestiones (Dozzi, 1993).

2.3.3 Las técnicas para medir y mejorar la productividad

La administración de temas relacionados con los proyectos de construcción es a menudo complejo y difícil. El principal problema es la cuantificación de todos los factores que intervienen en el sitio u obra. La medida más precisa de la productividad en la construcción es el número de unidades producidas por horas-hombre (HH) consumidas, o su recíproco, el número de consumo por unidad producida (p-hs). La productividad de un proceso también se puede medir indirectamente mediante la observación del nivel de actividad de sus recursos (Dozzi, 1993).

Estudios y encuestas de trabajo pueden tener un efecto desalentador en la fuerza laboral. Se deben tomar precauciones especiales para evitar la percepción de que la compañía está espiando a sus trabajadores. Se recomiendan sesiones de educación e información para crear un enfoque de equipo para la mejora de la productividad. A un nivel micro, los trabajadores son una fuente valiosa de información que afecte a su rendimiento o eficiencia. La participación de los supervisores se puede esperar sólo si se solicita (Dozzi, 1993).

Primero se verán las técnicas probadas, que son las más utilizadas para medir la eficacia (y de manera indirecta, la productividad) de trabajadores de la construcción y las cuadrillas.

2.3.4 Medición en campo

La medición en campo puede ser utilizada para estimar crudamente el nivel de actividad de una operación de construcción. El método simplemente categoriza el trabajo observado como “productivo” o “no productivo” y utiliza la fracción de “productivo” como una medida de la eficacia. Para recoger una muestra aleatoria, una persona en el lugar observa a los trabajadores. Una vez que una muestra ha sido recogida, la clasificación de campo se calcula como el total de observaciones en la categoría de “productivo”, dividido por el número total de observaciones, para tener en cuenta la actividad de capataz y de supervisión de la siguiente manera:

$$\text{Medición en campo} = \frac{\text{número de observaciones productivas}}{\text{número total de observaciones}}$$

ECUACIÓN 2 MEDICIONES EN CAMPO (DOZZI, 1993)

El número debe ser mayor o igual al 60%, para que un trabajo sea considerado como satisfactorio en cuanto a su producción (Dozzi, 1993).

2.3.5 Muestreo del Trabajo

El muestreo de trabajo se basa en la teoría del muestreo estadístico y es un método un poco más sofisticado que la medición en campo. El objetivo básico es observar una operación por un tiempo limitado, y de las observaciones, inferir como productiva la operación. La teoría del muestreo estadístico se aplica debido a que la cantidad de tiempo dedicado a la recolección de datos tiene que ser limitado. Además, el número de trabajadores observados normalmente es una pequeña muestra tomada de toda la población de posibles observaciones (cada mirada en el trabajador se considera una observación y, por lo tanto, cada muestra de trabajo puede dar lugar a una multitud de observaciones). En lugar de hacer frente a toda la población, el procedimiento consiste en recoger una muestra, analizarla, y construir un límite de confianza a su alrededor.

El muestreo de trabajo calcula el porcentaje de tiempo que un trabajador es productivo en relación con el tiempo total que la persona está involucrada en la operación. Para lograr esto, se puede adaptar al siguiente enfoque ((Dozzi, 1993)):

1. Clasifique la actividad de los trabajadores como uno de los tres modelos de actividad: productiva, contributoria y no contributoria (hay una serie de posibles variaciones, y se puede desarrollar su propia clasificación, y con una flexibilidad mejorada).
2. Desarrollar un formulario en el que se recopilarán los datos que facilite el recuento de las observaciones.
3. Tome observaciones aleatorias de trabajadores que participan en una operación determinada en campo. La observación debe indicar el modo de actividad de los trabajadores, es decir, productivo, contributorio o no contributorio. Aleatorio, para todos los propósitos prácticos, significa sin ningún prejuicio en cuanto a quien está siendo observado y que cada trabajador tendrá la misma oportunidad de ser observado como cualquier otro trabajador.
4. Registre todas las observaciones en el formulario. Introduciendo una marca de verificación en el modo de actividad observada.
5. Sume todas las marcas de verificación en cada modo y calcule el porcentaje por actividad.

Para que el muestreo de trabajo sea eficaz, el observador debe hacer un gran número de observaciones, un número que debe ser determinado a partir de la teoría del muestreo estadístico. El número mínimo de aceptación general es de 384 observaciones. Este número se deriva de un error de muestreo de 5% y un nivel de confianza de 95%.

En el muestreo de trabajo sólo se trata de medir indirectamente la productividad. En la toma de decisiones, los resultados deben tomarse con cautela y utilizarse con discreción. No pueden ser utilizados para medir la eficiencia del trabajo real, sin embargo, son muy útiles para obtener una mejor comprensión de la motivación, y al mismo tiempo ayudar a explicar las razones de las variaciones dramáticas en las tasas de producción (Dozzi, 1993).

2.3.6 Técnica del rango de los minutos

A diferencia del muestreo de trabajo, no se basa en la teoría del muestreo estadístico. El método se basa en la simple observación de una operación por un corto tiempo. La observación no resulta de una muestra lo suficientemente grande como para soportar muestreo de trabajo. El método, sin embargo, proporciona una cierta penetración en cuanto a la eficiencia de una cuadrilla y puede identificar áreas donde se requiere más atención u observación.

El siguiente procedimiento es necesario para realizar dicha técnica:

1. Identifique a los miembros de la cuadrilla que se observará y estructure un formulario, con la cuadrilla que será observada anote en los encabezados de columna y el tiempo.
2. Tenga en cuenta las cuadrillas que están trabajando. Para el intervalo de las observaciones, determine si el miembro de la cuadrilla ha estado activo durante más de la mitad del intervalo, si es así, marque la celda de observación con una "x", si no, deje la celda vacía.
3. Sume las observaciones marcadas con "x" en la tabla y divida la suma por el número total de observaciones positivas (Dozzi, 1993).

2.3.7 Encuesta de campo

Los métodos de muestreo de trabajo vistos con anterioridad muestran la eficiencia en el funcionamiento del sitio, pero no son suficientes para identificar la causa de la ineficiencia.

Estudios de campo y cuestionarios son formas organizadas de participación del capataz o artesano en el proceso de evaluación del sitio y la mejora de la productividad. Los capataces son probablemente las personas más familiarizadas con su actividad laboral. Se pueden identificar fácilmente fuentes de retrasos y obstáculos en su progreso. Del mismo modo, un capataz es la persona más familiarizada con la cuadrilla y los problemas que limitan el mejoramiento de su productividad (Dozzi, 1993).

2.3.8 Encuesta de Detenciones (*Foreman Delay Survey*)

Se basa en un cuestionario que debe ser llenado por el capataz, al final de un día de trabajo, de acuerdo a un retraso específico en el programa de obra, por ejemplo, la primera semana de trabajo en cada mes. El cuestionario está destinado principalmente para identificar el número de horas de un día perdidas debido a los retrasos.

La mayoría de FDS se dividen en las categorías de re-trabajo y retrasos. Una vez que el cuestionario ha sido completado, la información es extraída en forma de porcentajes y se tomarán medidas para asegurar que las causas de los retrasos sean debidamente tratadas. Los resultados de la encuesta se convierten en HHs en porcentajes equivalentes (Dozzi, 1993).

2.3.9 Cuestionario al Oficial

Es una técnica de cuestionario orientado a tratar de abordar las cuestiones y preocupaciones relacionadas con la productividad y la motivación de un oficial. La idea básica es la de distribuir un cuestionario simple a los oficiales en un sitio de trabajo. El objetivo es identificar los principales factores que inhiben la productividad

de los oficiales y estimar las HHs perdidos por cada oficial por semana debido a causas específicas.

El cuestionario puede comprender hasta 50 preguntas cortas que abordan estas áreas de interés, como la disponibilidad de materiales, diseño del sitio (logística o *layout*), el equipo, la disponibilidad de herramienta, rehacer trabajos y sus causas, la interferencia de gestión e inspección, y sugerencias para mejorar los procesos. Además, el cuestionario se pregunta por las horas perdidas por semana al oficial en cada área de preocupación en la lista. Esto a menudo se complementa con entrevistas personales con algunos de los oficiales para validar las respuestas y poner a prueba el nivel de seriedad.

Una vez que se han recogido los cuestionarios, los resultados se compilan y se informa a todos los interesados (Dozzi, 1993).

2.3.10 Modelo del Método de Retraso en Productividad

Conocido por su nombre *Method Productivity Delay Model* (MPDM), es una modificación de los tradicionales conceptos de estudio: tiempo y movimiento.

Esencialmente toma continuamente muestras de un ciclo de producción y se anota la cantidad y tipos de retrasos que pueden ocurrir durante el ciclo. A partir de esta información se hacen cálculos para determinar la eficiencia de la operación mostrando los efectos de los retrasos en la productividad que ha sido medida.

Al medir el porcentaje de tiempo que el personal dedica a ciertas categorías de actividades predeterminadas, se pueden detectar problemas que afectan a la productividad.

Fue propuesto como una manera de combinar tanto tiempo en estudio como medición de la productividad. MPDM se basa en tener un observador, recoger los datos en un formulario especial, que pertenece a la duración del ciclo de un recurso líder en la operación. El observador también toma nota de la naturaleza de los retrasos durante el periodo de observación. Una vez que la recolección de datos se ha completado, un conjunto de cálculos se deberá llevar a cabo, que nos llevará a las medidas de la productividad de la operación, indicando las principales fuentes de retraso, y de otras estadísticas útiles. (Halpin & Riggs, 1992)

MPDM puede ser una manera eficaz de medir la productividad en el lugar y los retrasos que socavan la misma. La experiencia con la técnica ha demostrado que puede ser menos confuso cuando se implementa en una hoja de cálculo electrónica.

MPDM proporciona más información que otras técnicas de muestreo de trabajo. Además de proporcionar al usuario una medida de la productividad, y a su vez también puede identificar fuentes de retraso y su contribución relativa a la falta de productividad.

MPDM consiste en las siguientes fases:

1. Identificación de la unidad de producción, y el ciclo de producción.
2. Identificación de los recursos más importantes o recursos principales.
3. Identificación de los tipos de retraso que se pueden encontrar en el proceso.
4. Recolección de datos.
5. Procesamiento de datos, análisis de modelos y recomendaciones.

MPDM requiere el tiempo de observación del ciclo de producción por cada unidad de producción colocada o fabricada. El observador también debe determinar si un retraso tuvo lugar durante un ciclo determinado. Si se produce un retraso, el observador debe indicar su naturaleza basada en las categorías de los retrasos (Dozzi, 1993).

2.3.11 Actividad Productiva

Una actividad que agrega valor al producto final, son actividades que son completamente necesarias para la finalización del producto. Es el tiempo que emplea el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción. (Botero & Alvarez, 2003)

2.3.12 Actividad Contributoria

Son actividades que eventualmente son necesarias pero que no agregan valor, son, por así decirlo, un apoyo de las actividades productivas (Botero & Alvarez, 2003).

2.3.13 Actividad No Contributoria

Son actividades que en su mayoría no son necesarias, que tienen un costo y no agregan valor al producto, son pérdidas por decirlo de otra manera, no se clasifican en las actividades anteriores (Botero & Alvarez, 2003).

2.3.14 Pérdida

Cualquier actividad humana que ocupa recursos pero que no crea ningún valor, tales como: errores de producción, producción de elementos no necesarios, procesos no necesarios, movimiento o transporte de recursos sin propósito, personas detenidas, bienes o servicios que no satisfacen al cliente, inventarios, etc.

Lauri Koskela (1993), académico finlandés, pionero en el desarrollo de conceptos en lean production en la construcción señala la necesidad de nuevas y mejores mediciones de desempeño, destacando el concepto de pérdida.

Son pérdida las actividades que sean distintas de los mínimos absolutos de materiales, maquinaria, y mano de obra necesarios para agregar valor a la construcción, ejemplos son: esperas, ya sea por falta de material, instrucciones o cambios en el proyecto, re-trabajos, tiempo de ocio, ausencia de planificación, transportes innecesarios, o trayectos muy largos, entre otras. (Botero & Alvarez, 2003)

2.3.15 Unidad de Producción

La base con la cual MPDM medirá, predecirá y mejorará el método de productividad. Una unidad de producción es una cantidad de trabajo descriptivo de la producción que puede ser fácilmente medido visualmente.

La unidad de producción se define como una cantidad medible de trabajo que puede ser identificado visualmente por el observador y sin mucho esfuerzo. Ejemplos de esto serian un cubo de hormigón, un camión cargado de escombros o una hilera de ladrillos.

2.3.16 Ciclo de Producción

Es sencillamente definido como el tiempo entre repeticiones continuas de la unidad de producción. El ciclo de producción debe ser una entidad medible y representativa de la productividad de cada método observado.

Es el tiempo total que tarda la cuadrilla para colocar una unidad de producción.

2.3.17 *Leading Resource* o Recursos Principales

Este concepto es complicado de entender hasta que se está familiarizado con el método. Es definido como el más básico o fundamental recurso usado en la construcción. Este recurso dicta la productividad del modelo hasta el punto en el que, si es cambiado en su cantidad, cambiará el método de la productividad sin importar la presencia o falta de presencia de ineficiencias y la cantidad de alteraciones de otros recursos.

El recurso principal son los recursos involucrados en la operación con el mayor impacto en la productividad. En otras palabras, la operación llegará a su fin si el recurso deja de producir. Un ejemplo sería una bomba en una operación de colado del concreto, el albañil en la colocación de ladrillos, o un volteo en una operación de movimiento de tierras. Este recurso será el centro de la determinación del tiempo de observación y ciclo.

2.3.18 Retraso

Un retraso es la acción de hacer que algo ocurra en un tiempo posterior al previsto o debido. Cinco tipos posibles de retraso incluyen los causados por el medio ambiente, equipos, mano de obra, materiales y de gestión o de administración. La experiencia demuestra que los usuarios deben definir sus propios tipos de demora.

CAPÍTULO III MEDICIÓN

3.1 Introducción

En este capítulo, se presentan los cuestionarios y técnicas utilizadas para observar el comportamiento de la productividad en la construcción, a través de identificar las fuentes causantes de retrasos en la productividad, puntualizar como las actividades pueden afectar la productividad e identificar las fallas en la planeación que causan fallas en la productividad en la construcción.

Esto mediante un cuestionario y observaciones en campo, para poder definir tanto los factores de retraso, así como identificar las fallas en los procesos.

Basándose inicialmente en identificar las actividades:

- Productivas.
- Contributorias.
- No contributorias.

Durante un periodo de 20 días hábiles, se realizaron las mediciones de las actividades, cada día se realizaron 50 muestras, dando un total de 1,000 observaciones.

Para la detección de pérdidas de calidad y productividad se realizaron también dos tipos de muestreos: primero, se realizó una encuesta de detenciones en las actividades de colocación de block de concreto, y pintura, que mostraron la mayor cantidad de detenciones en el Muestreo de Trabajo; y por otro lado se realizó la Carta de Balanza de Actividades para las cuadrillas que trabajan en la instalación de media tensión.

3.2 Caso de Investigación

Para este estudio se ha tomado una construcción localizada en la zona metropolitana de la ciudad de Guadalajara, que por su ubicación y ser una de las tres ciudades más importantes de país, se tienen las cualidades de contar con personal calificado, y con

la facilidad de tener los materiales de consumo y normales, sin generar un retraso en las entregas de material.

3.2.1 Características generales

La obra estudiada consta de dos etapas, la primera fue construida en 2005, y la segunda actualmente (agosto 2014 – febrero 2015) en construcción. La segunda etapa se desarrolla en un predio anexo a la plaza, que cuenta con aproximadamente 10,000 m² de terreno (figura 3), de los cuales 2,750 m² son de construcción e incluyen las siguientes áreas:

- Áreas de estacionamiento.
- Cine (5 salas, baños, áreas de venta).
- 5 locales comerciales.
- Cuarto de basura.
- Cuarto eléctrico.
- Cuarto de cisternas.
- 2 kioscos (alimentos).

El proceso constructivo, consta de las siguientes etapas, las cuales son:

- Preliminares
 - Mejoramiento de suelo: Terraplenes
- Cimentación
 - Zapatas aisladas
- Estructura
 - Metálica
- Cubiertas.
 - Lámina / Deck-losa
- Instalaciones
 - Hidráulicas-sanitarias.
 - Protección contra Incendio
 - Comunicaciones
 - Control de Accesos y Televisión.
 - Electricidad
 - Media y baja tensión
- Estacionamiento
 - Carpeta asfáltica
- Muros perimetrales
 - Cimentación (concreto)/ Mampostería (block)
- Acabados
 - Pasta
 - Pintura

La obra fue subcontrata para varias compañías especialistas por tipo de construcción.

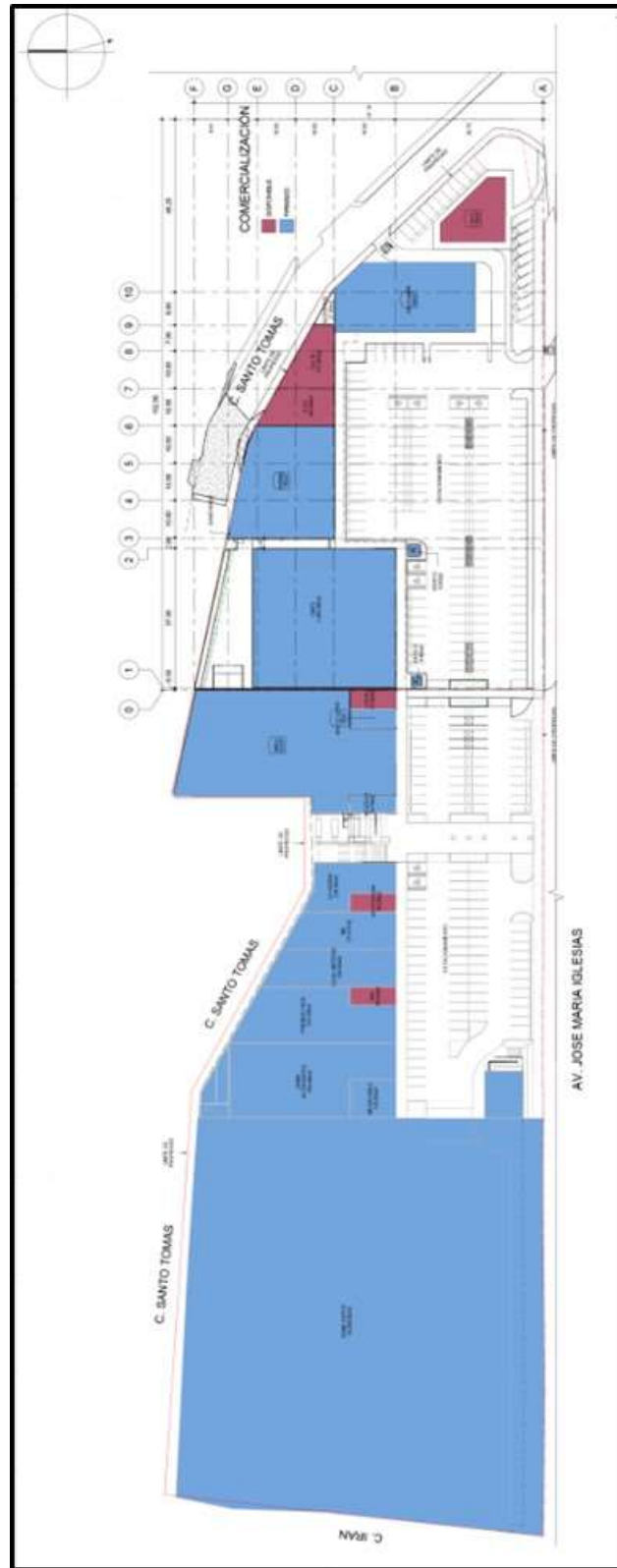


FIGURA 3. CROQUIS DE DE LA OBRA.

3.3 Tamaño de la muestra de la Población

Para determinar el tamaño de la muestra, se considera un universo infinito. Buscando tener un % de la población de un 95% y un error estimado máximo de 1.5%. (Ochoa, 2013)

ECUACIÓN 3 UNIVERSO INFINITO (OCHOA, 2013)

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

TABLA 1. RESULTADO DE LA ECUACIÓN

Z=	1.96
p=	95%
q=	5%
e=	1.50%

n =	811.00
-----	--------

El tamaño de la muestra nos da como cálculo de 811, para nuestra investigación desarrollaremos un levantamiento de 1,000 actividades.

3.4 Método de medición

Se pretende hacer mediciones por medio de observaciones periódicas en obra, haciendo un registro del tipo de actividad que el personal esté llevando a cabo en ese momento. Esto permitirá tener certeza en qué es lo que está pasando en campo y determinar, o analizar, posibles cambios en el *layout* de obra.

Los conceptos a medir en estas observaciones serán:

- a. Actividades Productivas
- b. Actividades Contributorias
 - Transporte

- Limpieza
- Instrucciones
- Mediciones
- Preparación de materiales
- Otros

c. Actividades no Contributorias

- Viajes
- Descansos
- Ocio
- Espera
- Re trabajos
- Necesidades Físicas
- Otros

También por medio de una encuesta de detenciones, y gracias a ésta, se podrán determinar, de primera mano, las actividades semanales que no agregan valor, y así calcular el tiempo perdido a lo largo de la semana y en ciertas actividades puntuales.

3.5 Diseño de Herramientas de Medición

3.5.1 Medición de Actividades

La medición de actividades es una medición con base en la observación, al ir haciendo un recorrido por la obra, se va anotando las actividades que está realizando el personal en la obra, por lo que, por ponerlo de alguna manera, podría decirse que se toma una fotografía de la obra y de las actividades que se están realizando en ella.

Se propone hacer observaciones diarias de la obra con una muestra de 50 del total de la población, haciendo las observaciones de la siguiente manera: (ver Tabla 2)

TABLA 2. FORMATO DE MEDICIÓN DE ACTIVIDADES

MEDICION DE ACTIVIDADES
Obra: Centro Comercial Punto Oriente

Fecha:		Hora:		
#	Tipo de actividad			Descripción
1	AP	AC	ANC	
2	AP	AC	ANC	
3	AP	AC	ANC	
4	AP	AC	ANC	
5	AP	AC	ANC	
6	AP	AC	ANC	
7	AP	AC	ANC	
8	AP	AC	ANC	
9	AP	AC	ANC	
10	AP	AC	ANC	
11	AP	AC	ANC	
12	AP	AC	ANC	
13	AP	AC	ANC	
14	AP	AC	ANC	
15	AP	AC	ANC	
16	AP	AC	ANC	
17	AP	AC	ANC	
18	AP	AC	ANC	
19	AP	AC	ANC	
20	AP	AC	ANC	
21	AP	AC	ANC	
22	AP	AC	ANC	
23	AP	AC	ANC	
24	AP	AC	ANC	
25	AP	AC	ANC	

#	Tipo de actividad			Descripción
26	AP	AC	ANC	
27	AP	AC	ANC	
28	AP	AC	ANC	
29	AP	AC	ANC	
30	AP	AC	ANC	
31	AP	AC	ANC	
32	AP	AC	ANC	
33	AP	AC	ANC	
34	AP	AC	ANC	
35	AP	AC	ANC	
36	AP	AC	ANC	
37	AP	AC	ANC	
38	AP	AC	ANC	
39	AP	AC	ANC	
40	AP	AC	ANC	
41	AP	AC	ANC	
42	AP	AC	ANC	
43	AP	AC	ANC	
44	AP	AC	ANC	
45	AP	AC	ANC	
46	AP	AC	ANC	
47	AP	AC	ANC	
48	AP	AC	ANC	
49	AP	AC	ANC	
50	AP	AC	ANC	

3.5.2 Método del Modelo del Retraso de la Productividad (MPDM por sus siglas en inglés)

En este método la idea es hacer observaciones y mediciones por cuadrilla, observando minuto a minuto la actividad que está haciendo cada uno de los integrantes de la cuadrilla, con el propósito de determinar la cantidad de tiempos muertos de dicha cuadrilla, y la distribución de sus tareas, para poder mejorar la productividad de la misma.

Las mediciones se harán con el siguiente formato:

TABLA 3. FORMATO METHOD PRODUCTIVITY DELAY MODEL

FECHA					
CUADRILLA					
ACTIVIDAD					

MINUTO	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

COMENTARIOS:

3.5.3 Encuesta de Detenciones

Este tipo de encuesta está dirigida a los maestros o encargados de cada cuadrilla, en primer lugar, para ver la percepción del tiempo perdido, y en segunda para detectar cuáles son los problemas que están generando que el personal esté realizando actividades no productivas y así poder disminuirlas lo más que se pueda.

Es una encuesta que se realiza en pocos minutos semana a semana, para detectar si es que hay cambios en la productividad, dependiendo los cambios que se hayan hecho en el *layout* de obra o en cualquier cambio detectable.

El formato para realizar estas encuestas es el siguiente:

TABLA 4. FORMATO DE ENCUESTAS DE DETENCIONES

Encuesta de detenciones		
Cuadrilla		
Fecha		
Actividad		
Problemas Frecuentes	Minutos Perdidos	Numero de Obreros
1. Espera de materiales de bodega		
2. Espera de materiales proveedor		
3. Espera de herramientas		
4. Espera de maquinaria		
5. Espera de equipos		
6. Retrabajos por rediseños		
7. Retrabajos por calidad		
8. Traslados a otro frente		
9. Espera de informacion o indicaciones		
10. Esperando tramo de otra cuadrilla		
11. Descanso		
12. Necesidades Fisicas		
13. Tiempo Ocioso		
14. Viajes		
15. Otros		
Comentarios:		

3.6 Resultados

3.6.1 Observaciones:

En este apartado se mostrarán los resultados obtenidos a partir de los diferentes tipos de medición comenzando por la medición de actividades, en las cuales se pueden observar la medición de actividades productivas, actividades contributorias y

actividades no contributorias, mostrando también el porcentaje que le corresponde del total de mediciones así como el acumulado a la semana correspondiente, comparado contra un porcentaje de operación y óptimo por semana, así como los vaciados de las mediciones por tipo de actividad en productividad:

En la tabla que se muestra a continuación (Tabla 5) podemos observar el comportamiento de cada uno de los diferentes tipos de actividades a través del tiempo de medición, separado por semanas, mostrando un promedio semanal derivado de 50 mediciones diarias.

Los parámetros óptimos (Dozzi, 1993) son alcanzables en la medida que se puedan controlar y reducir las actividades contributorias y no contributorias.

TABLA 5. VACIADO DE LAS ACTIVIDADES

SEMANA 1 FECHA: Del 07 al 12 de diciembre de 2015				
Actividad	Cantidad	Esta semana	Acumulado	Óptimo
AP %	17	34.00%	34.00%	60.00%
AC %	16	32.00%	32.00%	25.00%
ANC %	17	34.00%	34.00%	15.00%
SUMA	50	100.00%	100.00%	100.00%

SEMANA 2 FECHA: Del 14 al 19 de diciembre de 2015				
ACTIVIDAD	Cantidad	Esta semana	Acumulado	Óptimo
AP %	20	40.00%	37.00%	60.00%
AC %	16	32.00%	32.00%	25.00%
ANC %	14	28.00%	31.00%	15.00%
SUMA	50	100.00%	100.00%	100.00%

SEMANA 3 FECHA: Del 04 al 09 de enero de 2016				
ACTIVIDAD	Cantidad	Esta semana	Acumulado	Óptimo
AP %	17	34.00%	36.00%	60.00%
AC %	18	36.00%	33.33%	25.00%
ANC %	15	30.00%	30.67%	15.00%
SUMA	50	100.00%	100.00%	100.00%

SEMANA 4 FECHA Del 11 al 16 de enero de 2016				
ACTIVIDAD	Cantidad	Esta semana	Acumulado	Óptimo
AP %	17	34.00%	35.50%	60.00%
AC %	16	32.00%	33.00%	25.00%
ANC %	17	34.00%	31.50%	15.00%
SUMA	50	100.00%	100.00%	100.00%

SEMANA 5 FECHA Del 18 al 23 de enero de 2016				
ACTIVIDAD	Cantidad	Esta semana	Acumulado	Óptimo
AP %	18	36.00%	35.60%	60.00%
AC %	16	32.00%	32.80%	25.00%
ANC %	16	32.00%	31.60%	15.00%
SUMA	50	100.00%	100.00%	100.00%

SEMANA 6 FECHA Del 25 al 30 de enero de 2016				
ACTIVIDAD	Cantidad	Esta semana	Acumulado	Óptimo
AP %	14	28.00%	34.33%	60.00%
AC %	20	40.00%	34.00%	25.00%
ANC %	16	32.00%	31.67%	15.00%
SUMA	50	100.00%	100.00%	100.00%

AP: Actividades Productivas
AC: Actividades Contributorias
ANC: Actividades No Contributorias

En la Tabla 6 encontramos las observaciones de las actividades contributorias, mostrando en el primer apartado las actividades de la semana, y en el segundo un global de las semanas transcurridas.

TABLA 6. VACIADO DE LAS ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS

DISTRIBUCION AC EN SEMANA 1 FECHA: Del 07 al 12 de diciembre de 2015							
Concepto	Transporte	Limpieza	Instrucciones	Medidas	Prep. De Material	Otros	Total
No. Activ. Actuales	5	2	2	3	1	3	16
Actual %	31.25%	12.50%	12.50%	18.75%	6.25%	18.75%	100.00%
Global Semanal%	10.00%	4.00%	4.00%	6.00%	2.00%	6.00%	32.00%
Acumulado %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Global %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

DISTRIBUCION AC EN SEMANA 2 FECHA: Del 14 al 19 de diciembre de 2015							
Concepto	Transporte	Limpieza	Instrucciones	Medidas	Prep. De Material	Otros	Total
No. Activ. Actuales	5	3	4	1	2	1	16
Actual %	31.25%	18.75%	25.00%	6.25%	12.50%	6.25%	100.00%
Global Semanal%	10.00%	6.00%	8.00%	2.00%	4.00%	2.00%	32.00%
Acumulado %	31.25%	15.63%	18.75%	12.50%	9.38%	12.50%	100.00%
Global %	10.00%	5.00%	6.00%	4.00%	3.00%	4.00%	32.00%

DISTRIBUCION AC EN SEMANA 3 FECHA: Del 04 al 09 de enero de 2016							
Concepto	Transporte	Limpieza	Instrucciones	Medidas	Prep. De Material	Otros	Total
No. Activ. Actuales	7	2	4	1	3	1	18
Actual %	38.89%	11.11%	22.22%	5.56%	16.67%	5.56%	100.00%
Global Semanal%	14.00%	4.00%	8.00%	2.00%	6.00%	2.00%	36.00%
Acumulado %	33.80%	14.12%	19.91%	10.19%	11.81%	10.19%	100.00%
Global %	11.33%	4.67%	6.67%	3.33%	4.00%	3.33%	33.33%

DISTRIBUCION AC EN SEMANA 4 FECHA Del 11 al 16 de enero de 2016							
Concepto	Transporte	Limpieza	Instrucciones	Medidas	Prep. De Material	Otros	Total
No. Activ. Actuales	5	2	1	0	6	2	16
Actual %	31.25%	12.50%	6.25%	0.00%	37.50%	12.50%	100.00%
Global Semanal%	10.00%	4.00%	2.00%	0.00%	12.00%	4.00%	32.00%
Acumulado %	33.16%	13.72%	16.49%	7.64%	18.23%	10.76%	100.00%
Global %	11.00%	4.50%	5.50%	2.50%	6.00%	3.50%	33.00%

DISTRIBUCION AC EN SEMANA 5 FECHA Del 18 al 23 de enero de 2016							
Concepto	Transporte	Limpieza	Instrucciones	Medidas	Prep. De Material	Otros	Total
No. Activ. Actuales	6	2	1	2	4	1	16
Actual %	37.50%	12.50%	6.25%	12.50%	25.00%	6.25%	100.00%
Global Semanal%	12.00%	4.00%	2.00%	4.00%	8.00%	2.00%	32.00%
Acumulado %	34.03%	13.47%	14.44%	8.61%	19.58%	9.86%	100.00%
Global %	11.20%	4.40%	4.80%	2.80%	6.40%	3.20%	32.80%

DISTRIBUCION AC EN SEMANA 6 FECHA Del 25 al 30 de enero de 2016							
Concepto	Transporte	Limpieza	Instrucciones	Medidas	Prep. De Material	Otros	Total
No. Activ. Actuales	5	2	2	2	8	1	20
Actual %	25.00%	10.00%	10.00%	10.00%	40.00%	5.00%	100.00%
Global Semanal%	10.00%	4.00%	4.00%	4.00%	16.00%	2.00%	40.00%
Acumulado %	32.52%	12.89%	13.70%	8.84%	22.99%	9.05%	100.00%
Global %	11.00%	4.33%	4.67%	3.00%	8.00%	3.00%	34.00%

En la Tabla 7 se muestra, para las actividades no contributivas, en el primer apartado las actividades de la semana, y en el segundo un global de las semanas transcurridas.

TABLA 7. VACIADO DE LAS ACTIVIDADES NO CONTRIBUTIVIAS

DISTRIBUCION ANC EN SEMANA 1		FECHA: Del 07 al 12 de diciembre de 2015					
Concepto	Viajes	Descansos	Ocio	Espera	Retrabajos	Nec. Física	Total
No. Activ. Actuales	3	3	7	3	0	1	17
Actual %	17.65%	17.65%	41.18%	17.65%	0.00%	5.88%	100.00%
Global Semanal%	6.00%	6.00%	14.00%	6.00%	0.00%	2.00%	34.00%
Acumulado %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Global %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

DISTRIBUCION ANC EN SEMANA 2		FECHA: Del 14 al 19 de diciembre de 2015					
Concepto	Viajes	Descansos	Ocio	Espera	Retrabajos	Nec. Física	Total
No. Activ. Actuales	2	2	7	2	0	1	14
Actual %	14.29%	14.29%	50.00%	14.29%	0.00%	7.14%	100.00%
Global Semanal%	4.00%	4.00%	14.00%	4.00%	0.00%	2.00%	28.00%
Acumulado %	15.97%	15.97%	45.59%	15.97%	0.00%	6.51%	100.00%
Global %	5.00%	5.00%	14.00%	5.00%	0.00%	2.00%	31.00%

DISTRIBUCION ANC EN SEMANA 3		FECHA: Del 04 al 09 de enero de 2016					
Concepto	Viajes	Descansos	Ocio	Espera	Retrabajos	Nec. Física	Total
No. Activ. Actuales	3	3	6	0	0	3	15
Actual %	20.00%	20.00%	40.00%	0.00%	0.00%	20.00%	100.00%
Global Semanal%	6.00%	6.00%	12.00%	0.00%	0.00%	6.00%	30.00%
Acumulado %	17.31%	17.31%	43.73%	10.64%	0.00%	11.01%	100.00%
Global %	5.33%	5.33%	13.33%	3.33%	0.00%	3.33%	30.67%

DISTRIBUCION ANC EN SEMANA 4		FECHA Del 11 al 16 de enero de 2016					
Concepto	Viajes	Descansos	Ocio	Espera	Retrabajos	Nec. Física	Total
No. Activ. Actuales	2	1	4	7	1	2	17
Actual %	11.76%	5.88%	23.53%	41.18%	5.88%	11.76%	100.00%
Global Semanal%	4.00%	2.00%	8.00%	14.00%	2.00%	4.00%	34.00%
Acumulado %	15.92%	14.45%	38.68%	18.28%	1.47%	11.20%	100.00%
Global %	5.00%	4.50%	12.00%	6.00%	0.50%	3.50%	31.50%

DISTRIBUCION ANC EN SEMANA 5		FECHA Del 18 al 23 de enero de 2016					
Concepto	Viajes	Descansos	Ocio	Espera	Retrabajos	Nec. Física	Total
No. Activ. Actuales	4	0	7	2	1	2	16
Actual %	25.00%	0.00%	43.75%	12.50%	6.25%	12.50%	100.00%
Global Semanal%	8.00%	0.00%	14.00%	4.00%	2.00%	4.00%	32.00%
Acumulado %	17.74%	11.56%	39.69%	17.12%	2.43%	11.46%	100.00%
Global %	5.60%	3.60%	12.40%	5.60%	0.80%	3.60%	31.60%

DISTRIBUCION ANC EN SEMANA 6		FECHA Del 25 al 30 de enero de 2016					
Concepto	Viajes	Descansos	Ocio	Espera	Retrabajos	Nec. Física	Total
No. Activ. Actuales	4	3	3	5	0	1	16
Actual %	25.00%	18.75%	18.75%	31.25%	0.00%	6.25%	100.00%
Global Semanal%	8.00%	6.00%	6.00%	10.00%	0.00%	2.00%	32.00%
Acumulado %	18.95%	12.76%	36.20%	19.48%	2.02%	10.59%	100.00%
Global %	6.00%	4.00%	11.33%	6.33%	0.67%	3.33%	31.67%

En la Tabla 8 encontramos un resumen por semana del total de cada una de las actividades.

TABLA 8. RESUMEN TOTAL DE LAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS, CONTRIBUTORIAS Y NO CONTRIBUTORIAS.						
Columna1	SEM-01	SEM-02	SEM-03	SEM-04	SEM-05	SEM-06
AP	17	20	17	17	18	14
AC	16	16	18	16	16	20
ANC	17	14	15	17	16	16
Total	50	50	50	50	50	50

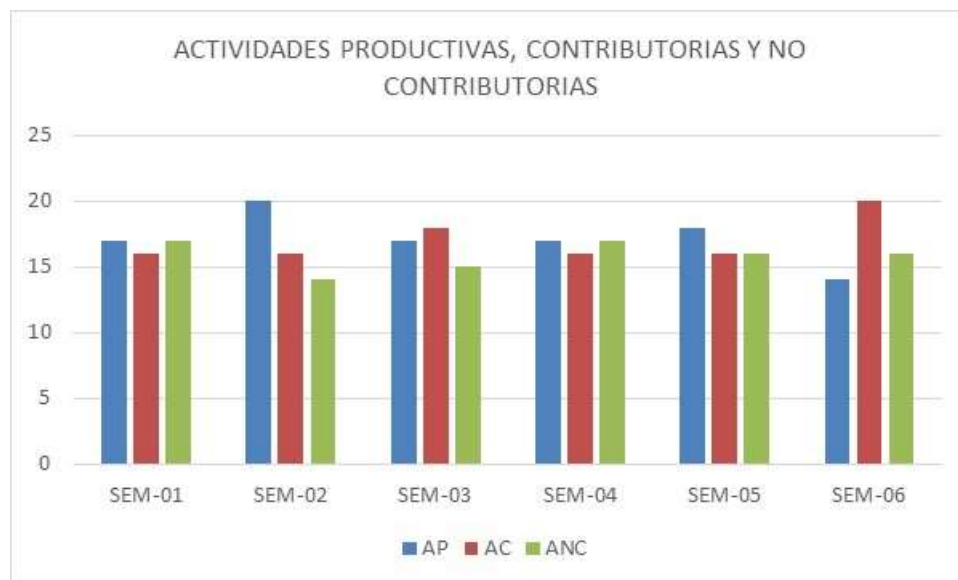


FIGURA 4. GRÁFICA DE PROMEDIOS DE ACTIVIDADES.

En la Figura 4 podemos observar en una gráfica de barras las observaciones por actividad en cada una de las semanas.

3.6.2 Encuestas de Detención

Se hicieron dos encuestas de detención para dos actividades diferentes: colocación de block de jalcreto y pintura en muros.

A continuación, se presentan los resultados:

Esta tabla (Tabla 9) muestra los resultados que se obtuvieron a lo largo de la toma de muestras, obteniendo algunas de las variables con 0, por lo que no hubo detenciones por esas causas.

TABLA 9. SUMATORIA DE LA ENCUESTA DE DETENCIONES DE LA ACTIVIDAD COLOCACIÓN DE BLOCK

Sumatoria de la Encuesta de Detenciones			
Cuadrilla	1 Oficial y 2 Ayudantes		
Fecha	Del 22 de enero de 2016 al 05 febrero 2016		
Actividad	Colocacion de block		
Problemas Frecuentes	Minutos Perdidos	Numero de Obreros	Total
1. Espera de materiales de bodega	35	7	480
2. Espera de materiales proveedor	0	0	0
3. Espera de herramientas	0	0	0
4. Espera de maquinaria	15	3	270
5. Espera de equipos	0	0	0
6. Retrabajos por rediseños	0	0	0
7. Retrabajos por calidad	180	6	2160
8. Traslados a otro frente	120	8	1800
9. Espera de informacion o indicaciones	50	7	690
10. Esperando tramo de otra cuadrilla	0	0	0
11. Descanso	35	6	630
12. Necesidades Fisicas	40	9	720
13. Tiempo Ocioso	45	9	810
14. Viajes	50	8	780
15. Otros	0	0	0
Comentarios:		Sumatoria:	8340

En la tabla 10 se muestran las actividades en las que sí hubo pérdidas, en un orden descendente, también se muestra el porcentaje que le corresponde por esas detenciones, y por último un acumulado.

Esta tabla se muestra en horas, ya que es una recopilación de los minutos perdidos en la tabla anterior.

TABLA 10. RESUMEN DE LA ENCUESTA DE DETENCIONES DE LA ACTIVIDAD COLOCACIÓN DE BLOCK

Resumen en % de la Encuesta de Detenciones			
Cuadrilla	1 Oficial y 2 Ayudantes		
Fecha	Del 22 de enero de 2016 al 05 febrero 2016		
Actividad	Colocacion de block		
Categoria	HH perdidas	%	Acumulado
7. Retrabajos por calidad	36	26%	26%
8. Traslados a otro frente	30	22%	47%
13. Tiempo Ocioso	13.5	10%	57%
14. Viajes	13	9%	67%
12. Necesidades Fisicas	12	9%	75%
9. Espera de informacion o indicaciones	11.5	8%	83%
11. Descanso	10.5	8%	91%
1. Espera de materiales de bodega	8	6%	97%
4. Espera de maquinaria	4.5	3%	100%
Total	139	100%	

En la tabla 11 podemos observar las detenciones que hubo en la actividad de pintura en muros, donde también se muestran variables en 0.

Esta tabla se muestra en minutos, ya que se contaban los minutos perdidos en la semana.

TABLA 11. SUMATORIA DE LA ENCUESTA DE DETENCIONES DE LA ACT PINTURA

Sumatoria de la Encuesta de Detenciones			
Cuadrilla	1 Oficial y 2 Ayudantes		
Fecha	Del 22 de enero de 2016 al 05 febrero 2016		
Actividad	Pintura		
Problemas Frecuentes	Minutos Perdidos	Numero de Obreros	Total
1. Espera de materiales de bodega	25	3	240
2. Espera de materiales proveedor	0	0	0
3. Espera de herramientas	0	0	0
4. Espera de maquinaria	0	0	0
5. Espera de equipos	0	0	0
6. Retrabajos por rediseños	0	0	0
7. Retrabajos por calidad	20	1	120
8. Traslados a otro frente	5	3	90
9. Espera de informacion o indicaciones	15	3	270
10. Esperando tramo de otra cuadrilla	0	0	0
11. Descanso	30	6	540
12. Necesidades Fisicas	25	6	450
13. Tiempo Ocioso	0	3	0
14. Viajes	25	6	450
15. Otros	0	0	0
Comentarios:		Sumatoria	2160

Esta tabla se muestra en horas ya que es una recopilación de minutos de la tabla anterior (Tabla 11).

En la siguiente tabla (Tabla 12) podemos encontrar los resultados de la encuesta de detención para la actividad de pintura, encontrando solamente las variables en las que si hubo pérdidas.

TABLA 12. RESUMEN DE LA ENCUESTA DE DETENCIONES DE LA ACT PINTURA

Resumen en % de la Encuesta de Detenciones			
Cuadrilla	1 Oficial y 2 Ayudantes		
Fecha	Del 22 de enero de 2016 al 05 febrero 2016		
Actividad	Pintura		
Categoría	HH perdidas	%	Acumulado
11. Descanso	9	32%	32%
12. Necesidades Físicas	7.5	26%	58%
15. Otros	0	0%	58%
9. Espera de informacion o indicaciones	4.5	16%	74%
1. Espera de materiales de bodega	4	14%	88%
7. Retrabajos por calidad	2	7%	95%
8. Traslados a otro frente	1.5	5%	100%
totales	28.5	100%	

3.6.3 Cartas de balanza

Se analizaron 3 cuadrillas dentro de este tipo de medición, 2 cuadrillas que realizaron trabajos de obra civil de media tensión y otra más que realizó trabajos de cableado del sistema de media tensión.

En las tablas 13, 14 y 15 se observa a los trabajadores y se anota la actividad que realizaron durante la mayoría de cada minuto.

Cuadrillas de obra civil de media tensión, teniendo como actividades: excavación y relleno de cepas.

Las observaciones se hicieron cumplido el minuto de dichas observaciones.

TABLA 13. CARTA DE BALANZA DE OBRA CIVIL (1) DE MEDIA TENSIÓN

Muestreo por Tarea					
Cuadrilla	5 Peones				
Fecha	05 de Febrero de 2016				
Actividad	Obra Civil Media Tensión				
Minuto	Ayudante 01	Auyudante 02	Ayudante 03	Ayudante 04	Ayudante 05
1	EX	NC	EX	EX	RE
2	EX	NC	EX	RE	RE
3	EX	NC	EX	NC	NC
4	EX	NC	EX	RE	RE
5	EX	EX	EX	RE	RE
6	EX	EX	EX	RE	RE
7	EX	EX	EX	NC	NC
8	EX	EX	EX	NC	NC
9	EX	EX	EX	NC	RE
10	EX	NC	NC	RE	RE
Comentarios:					
EX= Excavación					
NC= No Contributoria					
RE = Relleno de Cepa					

TABLA 14. CARTA DE BALANZA DE OBRA CIVIL (2) DE MEDIA TENSIÓN

Muestreo por Tarea			
Cuadrilla	3 Peones		
Fecha	05 de Febrero de 2016		
Actividad	Obra Civil Media Tensión		
Minuto	Ayudante 01	Ayudante 02	Ayudante 03
1	NC	DEM	NC
2	NC	DEM	DEM
3	NC	DEM	DEM
4	NC	DEM	NC
5	DEM	NC	NC
6	NC	DEM	NC
7	NC	DEM	NC
8	NC	DEM	NC
9	NC	NC	NC
10	DEM	LIM	NC
Comentarios:			
DEM = Demolición de Banqueta			
NC= No Contributoria			
LIM = Limpieza			

TABLA 15. CARTA DE BALANZA DE CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN

Muestreo por Tarea				
Cuadrilla	4 Oficiales			
Fecha	05 de Febrero de 2016			
Actividad	Cableado Media Tensión			
Minuto	Oficial 01	Oficial 02	Oficial 03	Oficial 04
1	INST	INST	INST	INST
2	NC	NC	NC	NC
3	CAB	CAB	CAB	NC
4	CAB	CAB	CAB	NC
5	MED	MED	NC	NC
6	INST	INST	INST	INST
7	TC	CAB	TC	NC
8	NC	NC	NC	NC
9	CAB	CAB	CAB	CAB
10	CAB	CAB	CAB	CAB
Comentarios:				
INST= Instalación				
NC= No Contributoria				
MED = Medición				
TC = Trabajo contributorio				
CAB = Cableado				

3.7 Observaciones y Comentarios de Resultados

La recolección de datos fue un momento de observación que no sólo sirve para este fin, al mismo tiempo ayuda a revelar de manera sutil la manera en la que avanza la obra, la cantidad de personal que está trabajando y los recursos que se encuentran, o no, en la obra.

Definitivamente es un proceso que toma su tiempo y que ayuda no sólo en la recolección de datos, si no en la calidad del personal y en hacer notorio si los procesos seleccionados son los más adecuados, y en su caso modificarlos para mejorar la productividad.

En el caso de esta construcción, se notó mucha inconsistencia en los resultados, por lo que, para facilitar la expresión de los datos y las gráficas, se tomaron la cantidad de actividades diarias para generar un promedio semanal, por lo que en las tablas de muestreo aparecen 50 actividades semanales, que equivalen al promedio diario de toda la semana.

Para consultar los resultados diarios se puede ver las Tablas de Muestreo y la gráfica de Niveles de Actividad Diaria en la sección de anexos.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS

4.1 Introducción

En este capítulo se podrán encontrar gráficas conteniendo todos los resultados de cada uno de los diferentes métodos de medición, con base en la investigación realizada en el marco teórico, para poder interpretarlos, de manera que se pueda dar una idea del estatus de la obra, y la interpretación de las causas de los retrasos.

Cada gráfico muestra los resultados de los diferentes muestreos, y también muestra la productividad que se está teniendo en la obra. A continuación, se explican los métodos de análisis utilizados y la manera en que serán presentados.

4.2 Método de Análisis

Para realizar la interpretación de los resultados se coloca una gráfica dependiendo de cuál sea el tipo de medición que se utilizó.

Se hicieron mediciones y análisis utilizando los siguientes métodos incluidos en el capítulo 2:

- Medición de Actividades.
- Method Productivity Delay Model
- Encuestas de detenciones.

Cada una de las mediciones fue independiente y no se combinan entre sí.

4.3 Análisis de la Muestra

A continuación, se realiza la interpretación de los resultados de cada una de las muestras de los análisis de medición utilizados.

4.3.1 Medición de Actividades



FIGURA 5. GRÁFICAS DE NIVEL ÓPTIMO Y DE MUESTREO OPTIMO (DOZZI, 1993)

En esta figura podemos ver tanto el nivel óptimo de las actividades productivas, contributorias y no contributorias, así como el nivel final de las mediciones en campo de las mismas, notando una gran diferencia, y así confirmando que la productividad, o las actividades productivas que se realizaron durante las mediciones fue de la mitad de lo que se contempla como óptimo.

Las actividades contributorias están elevadas en un 10%, y aunque no parezca que las actividades contributorias pueden afectar a la productividad, lo hacen de manera sustancial, y se puede modificar el *layout* de obra para que se reduzcan tendiendo a su porcentaje óptimo. En el caso de esta obra, el *layout* se modificó muy poco debido a la poca disponibilidad de espacios para hacer adecuaciones en la misma. Los cambios que se hicieron, a grandes rasgos, fue reubicación de bodega, baños y comedor, así como las oficinas temporales en obra, con la intención de reducir los tiempos de las actividades no contributorias.

Lo preocupante en esta gráfica, y que es muy notorio es la cantidad de actividades no contributorias que podemos encontrar, con un 31.67%, duplicando el porcentaje óptimo. Las actividades contributorias, deberían reducirse tanto con la modificación de un *layout* de obra, como haciendo un enfoque de la supervisión más directo en dichas actividades. Este tipo de actividades son las que están causando más pérdidas, y en mayor medida están haciendo menos productiva la obra.

Por la extensión de la obra, definitivamente habrá actividades no contributorias, en mayor proporción que las óptimas, pero no se pudieron reducir por medio de modificaciones en el *layout*, por lo que sí se hizo mucho hincapié en: el tamaño de las cuadrillas, existencia de recursos, y definir compromisos de entregas, para optimizar actividades.

El avance de la obra y de las actividades de la misma se muestra más adelante (Ilustración 1, Ilustración 2, Ilustración 3, Ilustración 4 e Ilustración 5) cronológicamente de manera que se puede entender el proceso de construcción llevado a cabo

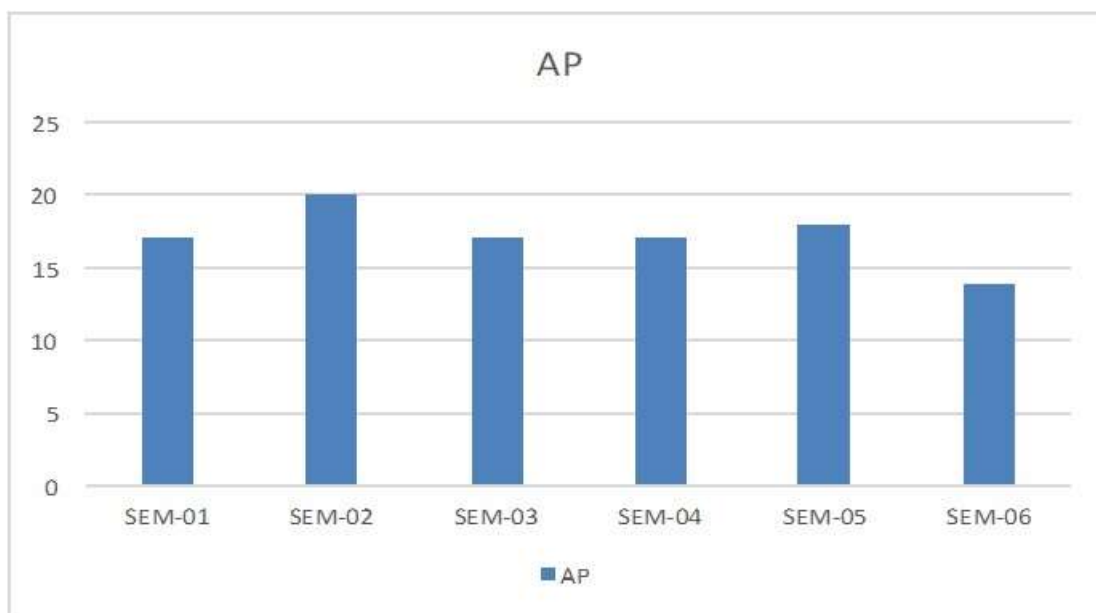


FIGURA 6. GRÁFICA DE RESUMEN DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.

En la gráfica anterior (figura 6) podemos observar un promedio semanal de la cantidad de actividades productivas realizadas, producto de una medición diaria de 50 muestras, la cual nos indica que las mismas están muy por debajo de lo que deberían estar arrojando para llegar a un nivel óptimo de productividad.

De la semana 1 a la semana 5 hay una variación del total de actividades de entre 15 y 20 actividades, dejando a la semana 6, y última, por debajo de las 15 actividades.

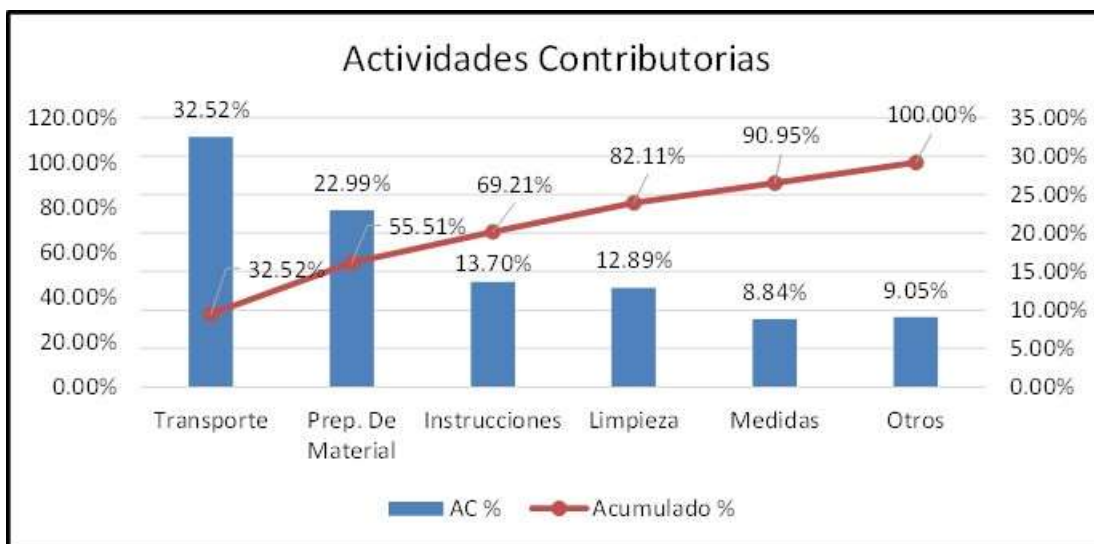


FIGURA 7. GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS.

La gráfica en la Figura 7 nos muestra el total de actividades contributorias al final de la medición, obtenido de un promedio semanal de actividades, en la cual se muestra que la actividad que más ocurre es el transporte de materiales. (Ver Figura 3)

Por las características de la obra, y la ubicación de la bodega, de alguna manera es algo que se esperaría, ya que la bodega no se pudo colocar en una ubicación más próxima debido a los conceptos que se tenían que ejecutar en estas fechas, así como la disponibilidad de otros espacios.

El transporte de materiales significa, como su nombre lo dice, el movimiento desde la bodega o lugar de descanso de la materia prima hacia su lugar de colocación, ya que las distancias son grandes, el transporte figura como el primer lugar.

La preparación de materiales se encuentra en el segundo lugar más recurrente, aunque es algo completamente necesario por la naturaleza de la obra, pienso que es algo que se puede reducir en tiempos, ya sea con maquinaria o aumentando la fuerza de trabajo, reduciendo así las esperas que este proceso produce.

Aunque en menor medida, las instrucciones, la limpieza, y toma de medidas, así como otras actividades, también contribuyen a que el porcentaje de las actividades contributorias sea alto.

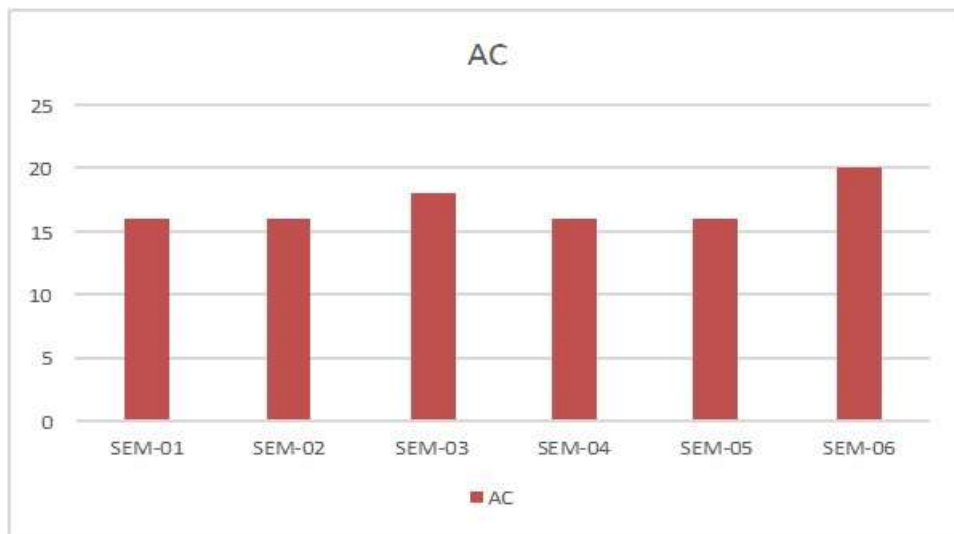


FIGURA 8. GRÁFICA DE RESUMEN DE ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS.

Lo mostrado en la Figura 8 es el resultado de mediciones diarias de 50 actividades promediados semanalmente.

En esta gráfica podemos apreciar la cantidad y la distribución de los promedios de actividades contributorias por semana. Comparado con la gráfica de las actividades productivas, es menor, pero no en gran medida, por lo que las actividades contributorias están teniendo un comportamiento muy similar a las actividades productivas, en un rango de entre 15 y 20 actividades promedio.



ILUSTRACIÓN 1 CRONOLOGÍA DE LA OBRA



ILUSTRACIÓN 2 CRONOLOGÍA DE LA OBRA (2)



ILUSTRACIÓN 3 CRONOLOGÍA DE LA OBRA (3)



FIGURA 9. GRÁFICA DE PARETO DE ACTIVIDADES NO CONTRIBUTORIAS.

Dentro de las actividades no contributivas más relevantes podemos encontrar el ocio, que es un 17% aproximadamente mayor a la actividad que le sigue en frecuencia, que son esperas y viajes, casi en el mismo porcentaje.

El ocio es provocado por falta de supervisión y/o por el método de pago utilizado con los trabajadores. La falta de supervisión es una gran contribución a que estas actividades se lleven a cabo, ya que los trabajadores no realizan las actividades (productivas) que deberían estar haciendo, y en su lugar aparece el ocio.

Las esperas son normales, más se pudieran evitar. Hay actividades contributivas como el transporte que pudieran ayudar a que este tipo de actividades se disparen, así como el ocio, que en mucho menor medida contribuye a que las esperas aumenten. Los viajes que son la siguiente actividad con mayor frecuencia, se debe en gran medida a la ubicación de instalaciones como la bodega o los baños, que como ya se mencionó, en esta obra por motivos de logística, fue complicado ubicarlos en áreas más cercanas al frente de trabajo.

Los demás conceptos pareciera que tienen un comportamiento normal, y a excepción de los re-trabajos, son actividades que no podemos quitar del panorama.

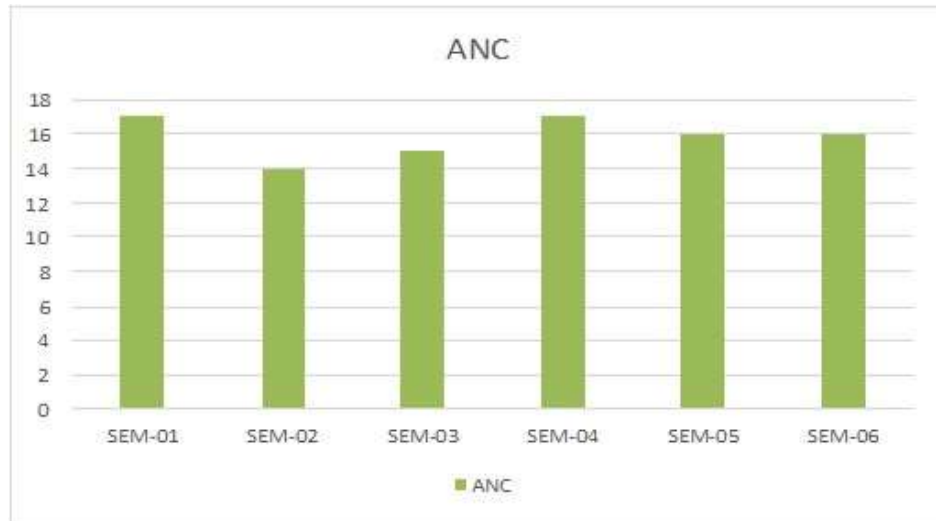


FIGURA 10. GRÁFICA DE RESUMEN DE ACTIVIDADES NO CONTRIBUTORIAS.

Lo mostrado en esta gráfica es el resultado de mediciones diarias de 50 actividades promediadas semanalmente.

Como resultado se tiene una oscilación de entre 18 y 14 actividades no-contributorias promedio por semana. Estos resultados son muy similares a los totales de las actividades contributorias semanales, por lo que se pudiera decir que las actividades no contributorias son bastantes y se tiene que encontrar la manera de reducirlas para generar un aumento en la productividad de la obra.

Si estos resultados los comparamos contra la cantidad de actividades no contributorias en un panorama óptimo, deberíamos obtener entre 7 y 8 actividades, por lo cual se puede observar que estas actividades están en el doble de lo que debería. Reduciéndolas se pudiera dar lugar a más actividades productivas, dando así más flujo a la obra.



FIGURA 11. GRÁFICA DE ACTIVIDADES DIARIAS.

La Figura 11 es interesante, ya que es un comparativo de las mediciones diarias por 6 semanas en obra, en la que se puede observar las actividades productivas en color azul, y como es que día a día aumentaron o disminuyeron. Y comparándolas al mismo tiempo con las actividades contributorias y no contributorias, podemos observar cómo es que se comportan y se relacionan unas con otras.

Ninguno de los tres tipos de actividad tuvo un comportamiento continuo, al contrario, las variaciones día a día son amplias, y aquí es donde también interfiere el estado de ánimo de cada trabajador, o las condiciones de trabajo que la constructora proporciona a los mismos, haciendo así que las variaciones de las actividades productivas tengan una variación de entre 60% y 22%, las contributorias de entre 48% y 14% y por último las actividades no contributorias entre 46% y 22% del total de actividades medidas por día.

Se puede observar que no hay un flujo de trabajo adecuado, y algunas de las barreras del flujo de trabajo se mencionan a continuación: falta de comunicación, ya sea con proyecto, entre los contratistas y sus obreros, tiempo de ocio excesivo, descansos y esperas por material, y re trabajos.



ILUSTRACIÓN 4 TOMAS LATERALES CRONOLÓGICAS

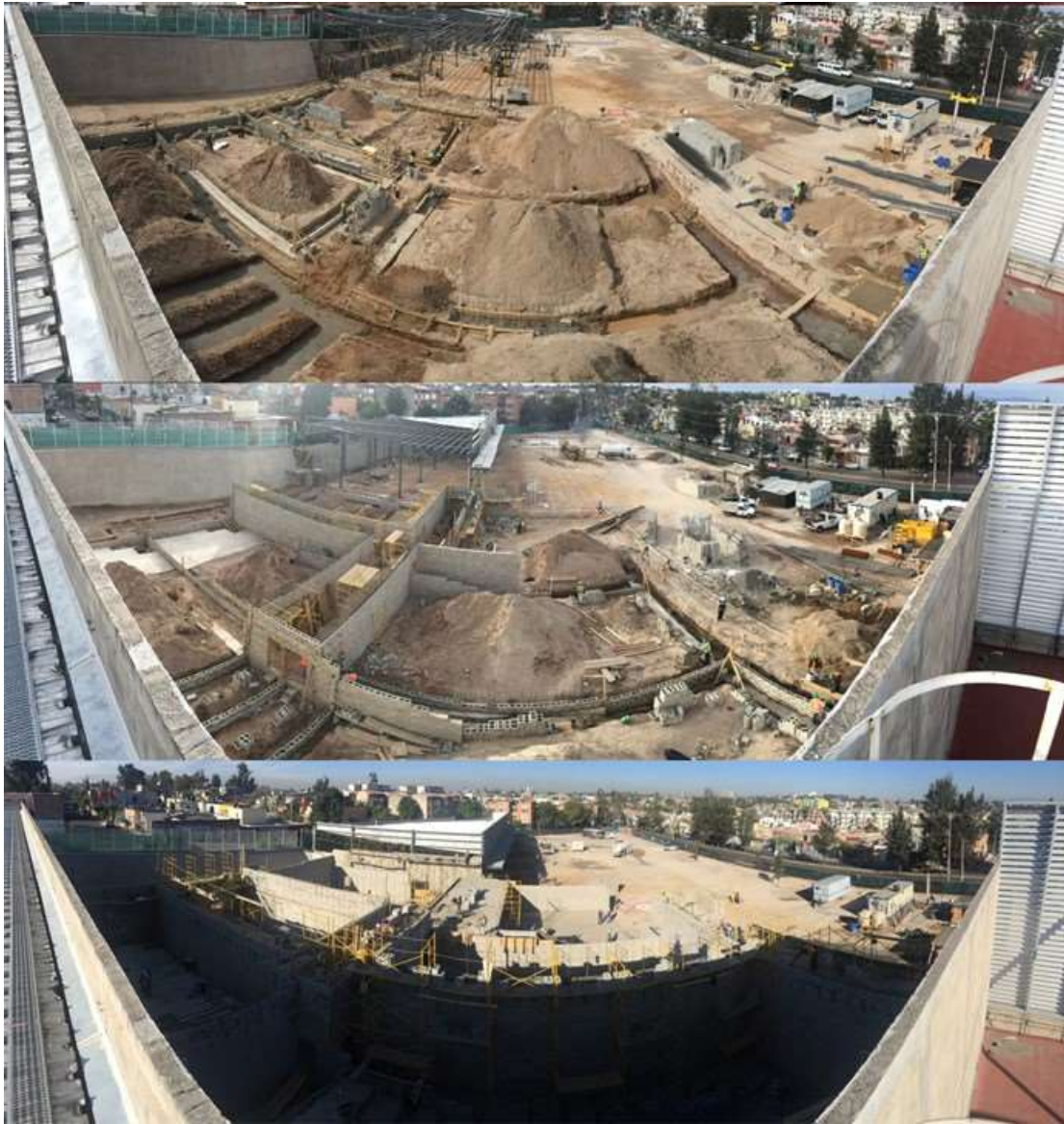


ILUSTRACIÓN 5 TOMAS LATERALES CRONOLÓGICAS (2)

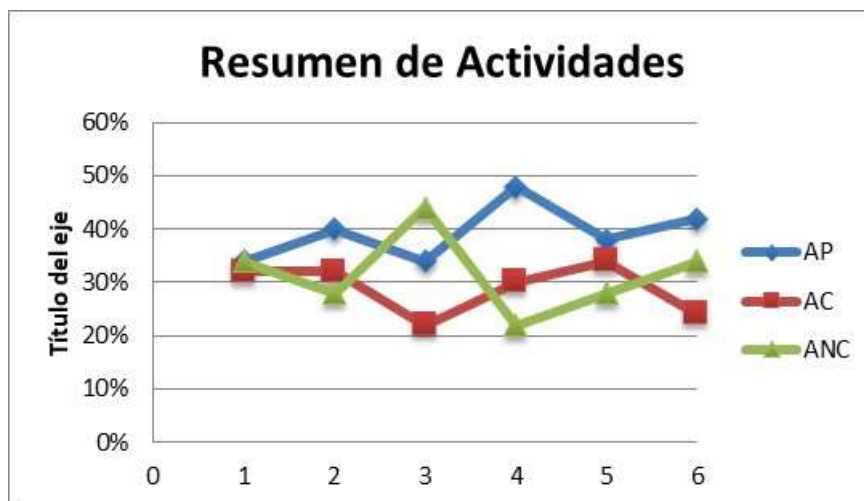


FIGURA 12. GRÁFICA RESUMEN DE ACTIVIDADES DIARIAS.

En este resumen de actividades, o gráfica (Figura 12) de actividades promedio, es el resultado del promedio de cada una de las categorías de trabajo analizadas.

En esta gráfica podemos observar, sin ruido, el comportamiento de las actividades semana a semana, y aún se aprecia que hay una variación muy grande entre las categorías de actividades.

4.3.2 Detenciones

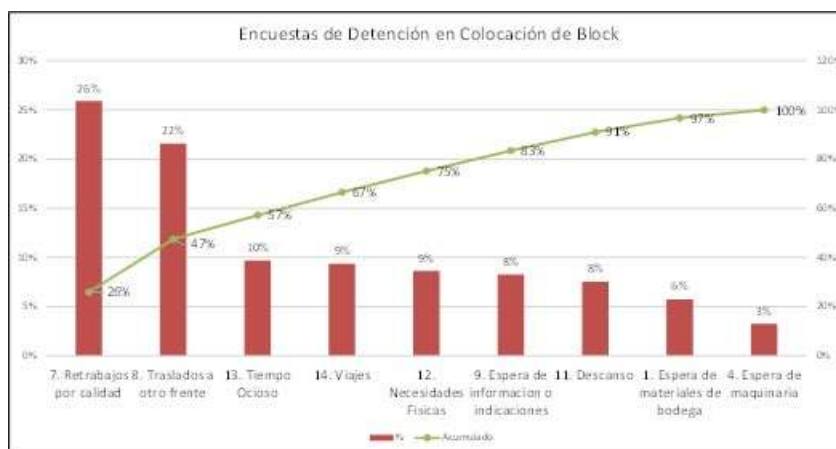


FIGURA 13. GRÁFICA DE PARETO DE ENCUESTA DE DETENCION DE COLOCACIÓN DE BLOCK.

Como se muestra la gráfica anterior (figura 13), se puede ver que las principales razones por las cuales se retrasan los trabajadores, es por realizar re-trabajos por calidad, lo cual se debe a que no están realizando correctamente el proceso de construcción.

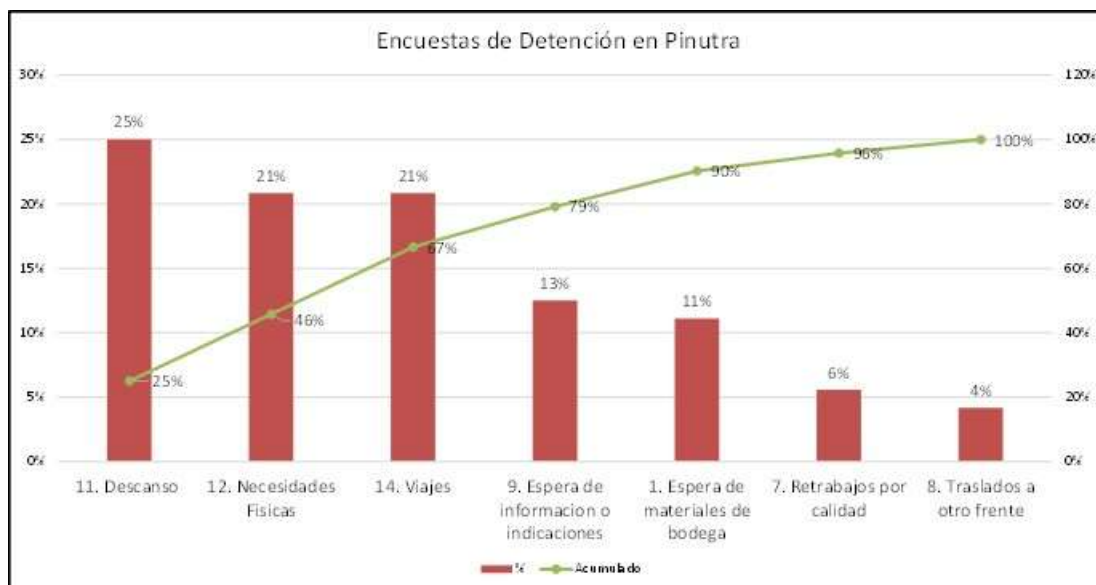


FIGURA 14. GRÁFICA DE PARETO DE ENCUESTA DE DETENCION DE PINTURA.

Por otro lado, en el caso de la actividad de Pintura, se puede ver (Figura 14) que el principal problema de detención son los descansos, los pintores toman muchas pausas entre partes de una tarea, por otro lado, se encuentra el problema de ir al baño y de viajes, razón que afecta la productividad.

4.3.3 Técnica de Rango de los Minutos o Balanzas

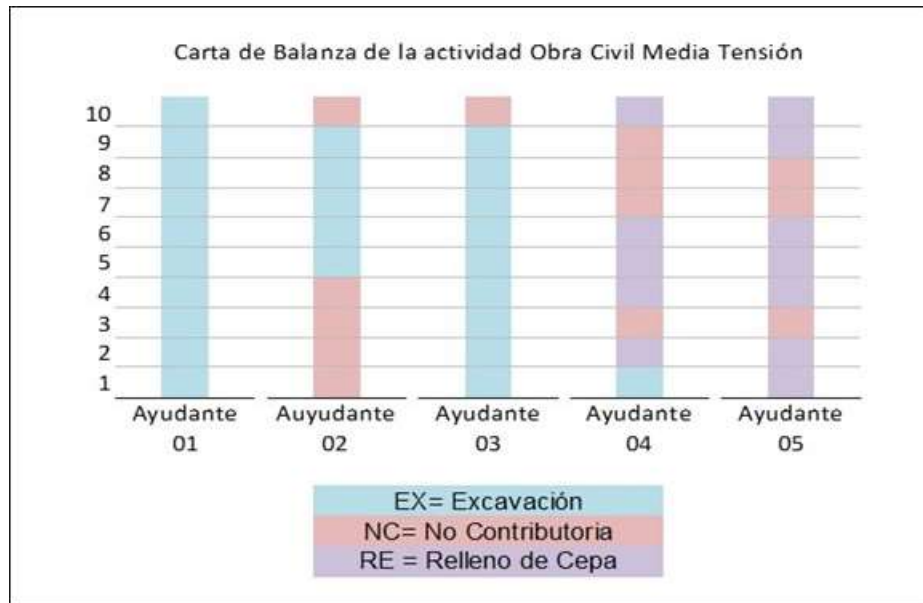


FIGURA 15. GRÁFICA DE BALANZA DE OBRA CIVIL DE MEDIA TENSIÓN.

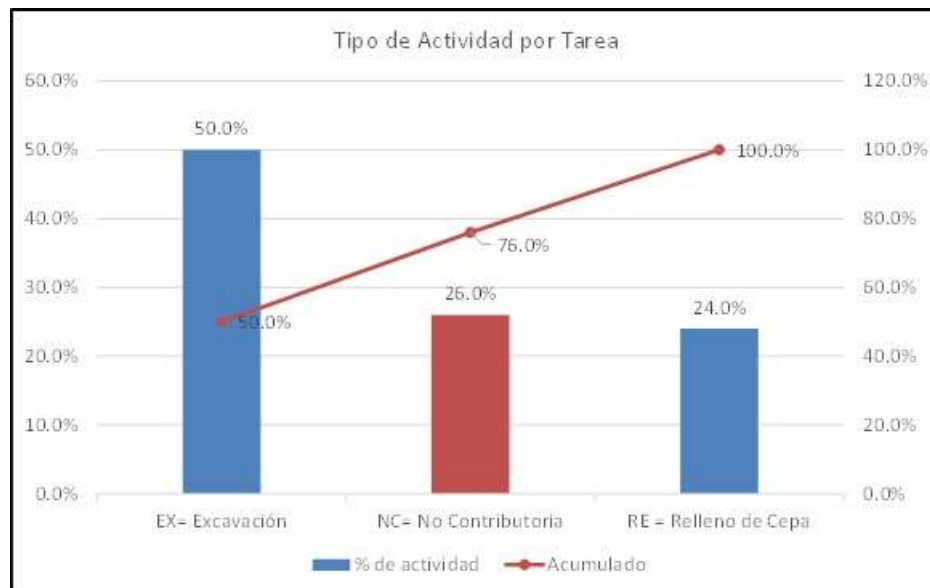


FIGURA 16. PARETO DE ACTIVIDADES DE OBRA CIVIL DE MEDIA TENSIÓN.

En el resultado de esta Carta de Balanza en las actividades de uno de los frentes de Obra Civil de la partida de Media Tensión, se puede ver (figuras 15 y 16) que las actividades no contributivas son de hasta un 26% y que hay trabajadores que están esperando mucho tiempo por tramo, principalmente los que realizan los rellenos.

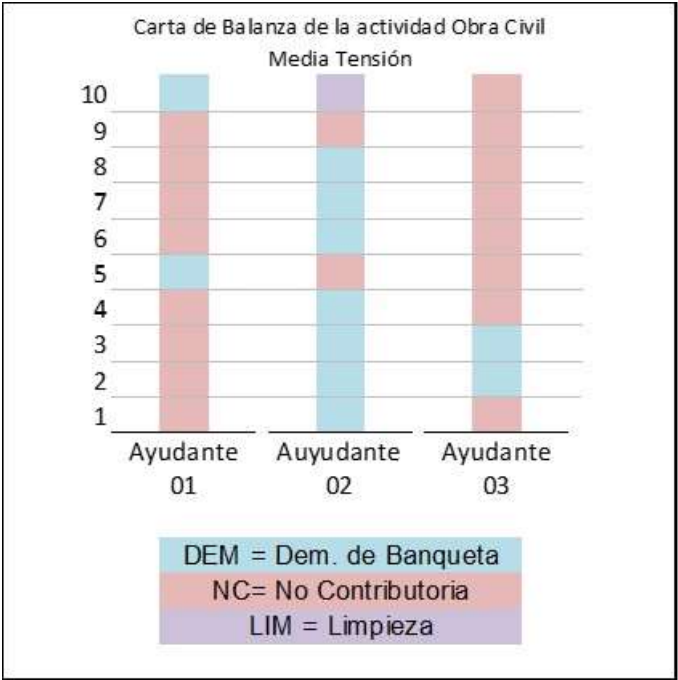


FIGURA 17. GRÁFICA DE BALANZA DE OBRA CIVIL DE MEDIA TENSIÓN 2.

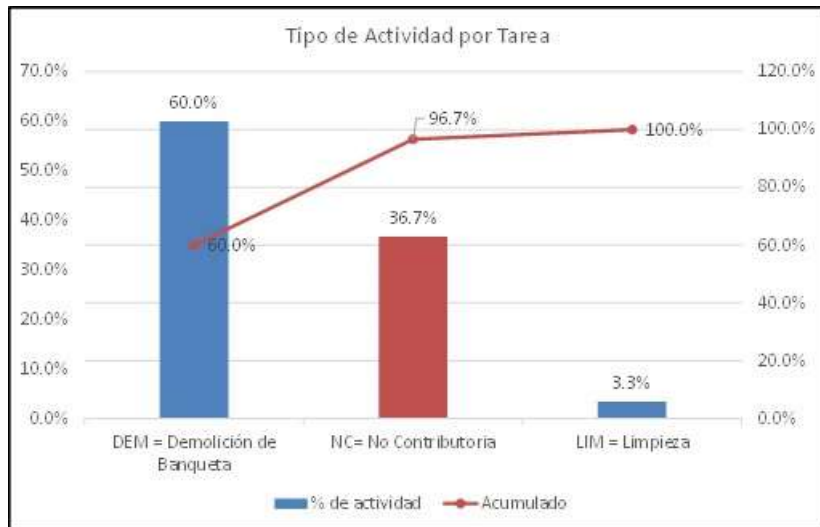


FIGURA 18. PARETO DE ACTIVIDADES DE OBRA CIVIL DE MEDIA TENSIÓN 2.

En otro de los frentes de Obra Civil de la partida de Media Tensión, se puede ver (figuras 17 y 18) que los trabajadores pasan mucho tiempo sin hacer nada tomando descansos (a veces excesivos) mientras realizan la demolición, esto lleva a que las actividades no contributivas sean de hasta un 36.70%, un porcentaje muy alto en comparación del óptimo que es 15.00%.

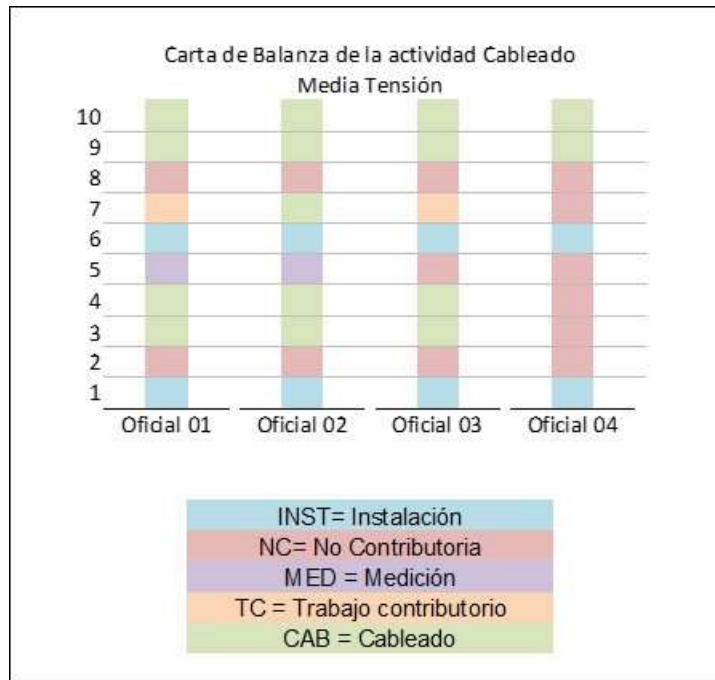


FIGURA 19. GRÁFICA DE BALANZA DE CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN.

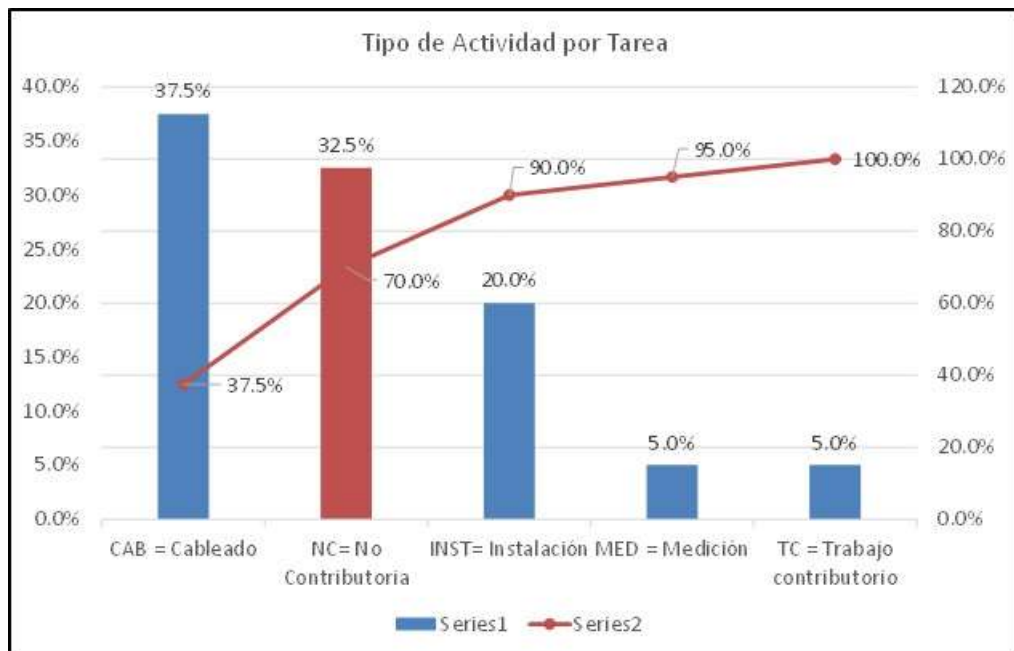


FIGURA 20. PARETO DE ACTIVIDADES DE CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN.

En el caso de los trabajos de Cableado de la partida de Media Tensión, se puede observar (figuraas 19 y 20) un dato similar a la actividad anterior, donde el 32.5% de las actividades son no contributivas. Según la carta de balanza se ve cómo se toman muchos minutos entre diferentes actividades.

4.4 Observaciones y Comentarios

Las mediciones en campo fueron un tanto variadas, en los periodos de medición se atravesaron fechas importantes como navidad y año nuevo, por lo que la productividad del personal de obra pudo haber disminuido debido a estos sucesos.

Como se ha mencionado con anterioridad, cambios en el *Layout* de obra se complicaron debido a que el espacio que se pudo haber utilizado para este efecto estaba comprometido, no se pudieron hacer muchos de los cambios que se requerían para el mejoramiento de la productividad, los cuales, en mi opinión, hubieran hecho una gran diferencia.

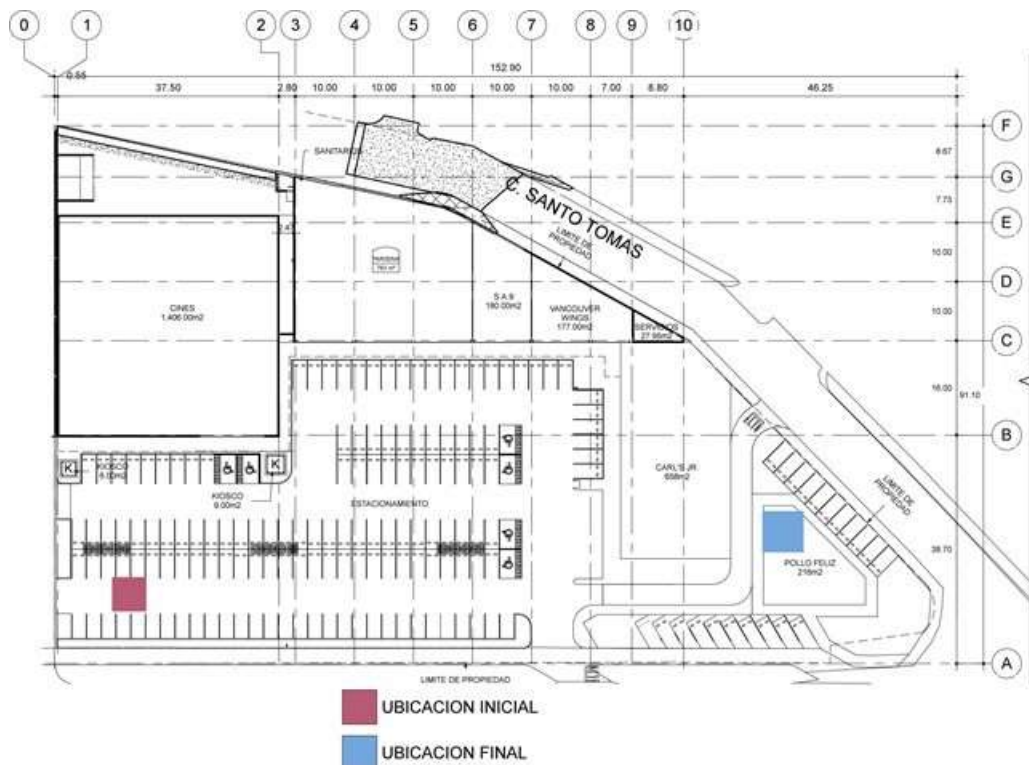


ILUSTRACIÓN 6 UBICACIÓN DE BODEGAS

Uno de los cambios que se muestra en la Ilustración 6, fue el cambio de bodegas, este cambio fue debido a inicios de trabajos en área de estacionamiento, por lo que las bodegas tuvieron que ser reubicadas en un lugar apartado de donde se estaban realizando la mayoría de los trabajos, al no haber disponibilidad de espacio, la que se muestra fue su ubicación final (este movimiento se aplazó lo más posible).

Aprendí mucho en esta experiencia, sobre todo en detalles relacionados con la observación de las actividades y encontrar la razón de ser de las mismas. Creo que independientemente del tamaño de una obra estas mediciones son adecuadas para lograr comprender la naturaleza de una obra y las modificaciones que se pueden hacer en ella con respecto a problemas específicos.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

5.1 Introducción

En este capítulo se mencionan el cumplimiento, o no, de la hipótesis y los objetivos planteados al inicio de la investigación para llegar a las conclusiones a las que llevó el análisis de los resultados. Aquí se muestran los aprendizajes, las posibles recomendaciones que se hacen para que se pudiera mejorar el estado de la obra, y también futuras líneas de investigación.

5.2 Conclusiones

Con los resultados y los análisis podemos observar los problemas que están afectando la productividad de los recursos. Estos son problemas que usualmente encontramos en procesos constructivos, pero por falta de control en obra no se identifican.

Llegando a la conclusión de que nuestra hipótesis “DETECTAR LAS ACTIVIDADES NO PRODUCTIVAS EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PERMITE GENERAR PROPUESTAS PARA MAXIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD.” es CORRECTA. Llegando a la conclusión de que los métodos nos permiten observar en tiempo real las causas de los retrasos y se pueda actuar de forma temprana y mitigar los impactos que éstos causen, utilizando diversas técnicas.

Esta afirmación la podemos corroborar con base en los análisis mostrados previamente, ya que éstos nos muestran cuáles son las causas de fondo que no están permitiendo un adecuado flujo de trabajo en la obra.

Dentro de la medición de actividades (primer método de medición) podemos concluir que es un método eficaz en procesos repetitivos, ya que las actividades que no agregan valor podrán ser variadas, pero saldrán a la luz para poder corregirlas. Aunque toma su tiempo llevar a cabo estas mediciones y poder hacer un historial de cuales son dichas actividades, es de gran valor el análisis posterior para poder tomar acciones correctivas,

Las encuestas de detenciones son una herramienta que, a la par de la medición de actividades, nos ayuda a detectar actividades que no agregan valor y que al mismo tiempo hace consiente al personal de obra de cuáles son las debilidades de ciertas cuadrillas y cuáles son las actividades en las que hay que poner más atención para evitar pérdidas.

Por último, pero no menos importante, están las cartas de balance, que resultan de bastante ayuda para poder medir el desempeño de una cuadrilla en específico, ver si en realidad está bien integrada o en su caso, que esté sobre-calificada, sobrepoblada o haga falta personal dentro de la misma.

En mi opinión, estas tres herramientas combinadas ayudan en gran medida a detectar las actividades no-contributorias y poder así incidir en ellas. Me parece también que dentro de este trabajo de investigación claramente se encuentran las barreras del flujo de trabajo, y ya habiendo detectado cuáles son éstas, se vuelve mucho más evidente qué y dónde hay que hacer correcciones para maximizar la productividad. Se vuelve más claro la manera en la que se puedan generar propuestas para eficientar al personal y a la obra misma.

Las herramientas que me fueron más útiles durante el proceso de recopilación de datos y que se muestran en los resultados fueron las siguientes:

- Medición de actividades: la utilidad de esta herramienta es el vislumbrar la cantidad de personal que no está ayudando a que la productividad sea mayor en porcentaje y poder modificar las actividades que se realizan o la cantidad de cuadrillas que se le asignan a la misma.
- Método del modelo del rastreo de la productividad: la utilidad de esta herramienta es descubrir que tan productiva es una cuadrilla en específico y si funciona de la manera que debería, de esta manera poder modificar las cuadrillas en número de personal o actividades que realizan.

La herramienta que me parece menos útil en esta obra fueron las encuestas de detenciones, ya que el personal entrevistado no fue lo suficientemente honesto en las preguntas realizadas, por lo que no se puede medir con precisión el tiempo que se está perdiendo según la percepción del capataz. Es necesario que la información que se da como respuesta en estas encuestas sea lo suficientemente veraz, y es posible que primero se tenga que concientizar al personal que es para beneficio de ellos

mismos y de la obra que las encuestas se contesten de la manera más honesta posible.

El fin de este trabajo se logra al poner en práctica diversas herramientas de medición y evidenciar las áreas de mejora en un proyecto de construcción.

5.3 Recomendaciones

Para el método de Muestreo de Trabajo es recomendable iniciar con las observaciones desde el inicio de la obra, ya que en ese momento se puede modificar tempranamente el *Layout*, reduciendo las actividades que no agregan valor a la obra; también es importante que podemos ver cuáles son las actividades que nos están afectando en mayor medida y evitar que se presenten retrasos.

Para el método Técnica de Rango de Minutos es importante seleccionar cuadrillas representativas de las actividades más importantes que se llevan a cabo en cierto momento de la obra, para así poder definir si la cuadrilla, o la cantidad de obreros que son parte de la misma son adecuados tanto en calidad como en cantidad. Este método se puede utilizar a lo largo de la obra para abarcar las actividades más frecuentes y/o relevantes.

Por último, en el método de Encuesta de Detención, es importante que las preguntas sean las adecuadas para la obra que se está llevando a cabo, asimismo es muy importante dar seguimiento a estas encuestas ya que, si no se hace, la información no será fiel a la realidad. De preferencia hacer esta encuesta a cada uno de los capataces que se encuentran en obra. Como se mencionó con anterioridad es necesario que las encuestas se respondan con la mayor honestidad posible, y haciendo hincapié en que esto no tendrá repercusiones, solamente habrá cambios, ya que se les coloca en una posición de vulnerabilidad en cuanto al tiempo que pierde el personal.

En cuanto a mi experiencia en esta obra se debería poner mayor atención en el *layout* de obra, el lugar en el que se colocarán sitios importantes como lo son: bodega, comedores y áreas de descanso, baños, así como los ingresos a obra y la manera en que se controlarán.

En este caso en específico, mucho del tiempo perdido y actividades no contributorias fueron recorridos debido a la ubicación no estratégica de estos sitios.

5.4 Futuras Investigaciones Afines

- Analizar proyectos completos, para evaluar los resultados de la implementación de mejoras derivadas del análisis de los datos recabados.
- Comparar en proyectos muy similares el comportamiento de éstos, utilizando en uno de ellos las herramientas expuestas, y en otro las técnicas tradicionales de seguimiento.
- Medir el impacto de añadir técnicas de seguimiento como el último planificador.

Bibliografía

- Arcudia Abad, C., Solis Carcaño, R., & Baeza Pereyra, J. (2004). Determinación de los factores que afectan la productividad de la mano de obra en la construcción. *Ingeniería 8-2*.
- Botero, L. F. (2003). *Construcción sin pérdidas. Análisis de procesos y filosofía Lean Construction*. Legis S.A.
- Botero, L. F., & Alvarez, M. E. (2003). Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. *Universidad EAFIT*, 50-64.
- Calzeta Valdez, M. A. (2012). *Ingeniería de Valor, Beneficios y oportunidades de incremento del valor en las obras de ingeniería civil*. Mexico D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dozzi, S. P. (1993). Productivity in Construction. *NRC Construction*, 1-44.
- Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. (2013). Newton Square, Pensilvania: Project Management Institute.
- Halpin, D., & Riggs, L. (1992). *Planning and Analysis of Construction Operations*. EE.UU.: John Wiley & Sons.
- Koskela, L. (1993). Lean Production in Construction.
- Ochoa, C. (11 de 11 de 2013). *¿Qué tamaño de muestra necesito?* Obtenido de Netquest: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/que-tamano-de-muestra-necesito>
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Luegring, M. (2005). Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques. *Lean Construction Journal*.
- Serpell Bley, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Serpell Bley, A., & Alarcón Cárdenas, L. F. (2009). *Planificación y Control de Proyectos*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Thomas, R., & Sakarcan, A. (1994). Forecasting Labor Productivity Using Factor Model. *Journal of Construction Engineering and Management*.

Trías, S. Z. (2009). Guía a la Redacción en el Estilo APA. (U. Metropolitana, Ed.)
México, D.F.

Anexos

TABLA 16. CONTEO DE ACTIVIDADES

DIA 1	FECHA	7-Dec-15		HORA	12:15												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	16	32%	0%	32%	60%												
AC %	19	38%	0%	38%	25%												
ANC %	15	30%	0%	30%	15%												
SUMA	50	100%	0%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC						DISTRIBUCION ANC											
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	TOTAL		ACTUAL NO	VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	TOTAL	
ACTUAL NO	7	0	0	6	1	5	19		1	0	11	2	0	1	15		
ACTUAL %	37%	0%	0%	32%	5%	26%	100%		7%	0%	73%	13%	0%	7%	100%		
GLOBAL %	14%	0%	0%	12%	2%	10%	38%		2%	0%	22%	4%	0%	2%	30%		
ANTERIOR %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
GLOBAL %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
DIA 2	FECHA	8-Dec-15		HORA	11:20												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	19	38%	32%	35%	60%												
AC %	16	32%	38%	35%	25%												
ANC %	15	30%	30%	30%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC						DISTRIBUCION ANC											
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		ACTUAL NO	VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL	
ACTUAL NO	4	2	3	2	2	3	16		2	7	4	1	0	1	15		
ACTUAL %	25%	13%	19%	13%	13%	19%	100%		13%	47%	27%	7%	0%	7%	100%		
GLOBAL %	8%	4%	6%	4%	4%	6%	32%		4%	14%	8%	2%	0%	2%	30%		
ANTERIOR %	37%	0%	0%	32%	5%	26%	100%		7%	0%	73%	13%	0%	7%	100%		
GLOBAL %	14%	0%	0%	12%	2%	10%	38%		2%	0%	22%	4%	0%	2%	30%		
DIA 3	FECHA	9-Dec-15		HORA	16:55												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	17	34%	38%	35%	60%												
AC %	11	22%	32%	31%	25%												
ANC %	22	44%	30%	35%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC						DISTRIBUCION ANC											
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		ACTUAL NO	VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL	
ACTUAL NO	4	3	2	0	1	1	11		5	2	7	6	0	2	22		
ACTUAL %	36%	27%	18%	0%	9%	9%	100%		23%	9%	32%	27%	0%	9%	100%		
GLOBAL %	8%	6%	4%	0%	2%	2%	22%		10%	4%	14%	12%	0%	4%	44%		
ANTERIOR %	25%	13%	19%	13%	13%	19%	100%		13%	47%	27%	7%	0%	7%	100%		
GLOBAL %	8%	4%	6%	4%	4%	6%	32%		4%	14%	8%	2%	0%	2%	30%		

DIA 4	FECHA	14-Dec-15		HORA	15:10												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	24	48%	34%	38%	60%												
AC %	15	30%	22%	31%	25%												
ANC %	11	22%	44%	32%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL NO	4	3	3	1	4	0	15		ACTUAL NO	2	2	5	0	0	2	11	
ACTUAL %	27%	20%	20%	7%	27%	0%	100%		ACTUAL %	18%	18%	45%	0%	0%	18%	100%	
GLOBAL %	8%	6%	6%	2%	8%	0%	30%		GLOBAL %	4%	4%	10%	0%	0%	4%	22%	
ANTERIOR %	36%	27%	18%	0%	9%	9%	100%		ANTERIOR %	23%	9%	32%	27%	0%	9%	100%	
GLOBAL %	8%	6%	4%	0%	2%	2%	22%		GLOBAL %	10%	4%	14%	12%	0%	4%	44%	
DIA 5	FECHA	15-Dec-15		HORA	12:00												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	19	38%	48%	38%	60%												
AC %	17	34%	30%	31%	25%												
ANC %	14	28%	22%	31%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL NO	4	2	3	4	2	2	17		ACTUAL NO	1	1	10	1	0	1	14	
ACTUAL %	24%	12%	18%	24%	12%	12%	100%		ACTUAL %	7%	7%	71%	7%	0%	7%	100%	
GLOBAL %	8%	4%	6%	8%	4%	4%	34%		GLOBAL %	2%	2%	20%	2%	0%	2%	28%	
ANTERIOR %	27%	20%	20%	7%	27%	0%	100%		ANTERIOR %	18%	18%	45%	0%	0%	18%	100%	
GLOBAL %	8%	6%	6%	2%	8%	0%	30%		GLOBAL %	4%	4%	10%	0%	0%	4%	22%	
DIA 6	FECHA	16-Dec-15		HORA	16:13												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	21	42%	38%	39%	60%												
AC %	12	24%	34%	30%	25%												
ANC %	17	34%	28%	31%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL NO	4	6	2	0	0	0	12		ACTUAL NO	2	6	4	3	0	2	17	
ACTUAL %	33%	50%	17%	0%	0%	0%	100%		ACTUAL %	12%	35%	24%	18%	0%	12%	100%	
GLOBAL %	8%	12%	4%	0%	0%	0%	24%		GLOBAL %	4%	12%	8%	6%	0%	4%	34%	
ANTERIOR %	24%	12%	18%	24%	12%	12%	100%		ANTERIOR %	7%	7%	71%	7%	0%	7%	100%	
GLOBAL %	8%	4%	6%	8%	4%	4%	34%		GLOBAL %	2%	2%	20%	2%	0%	2%	28%	

DIA 7	FECHA	17-Dec-15		HORA	16:32												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP	14	28%	42%	37%	60%												
AC	24	48%	24%	33%	25%												
ANC	12	24%	34%	30%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	8	2	8	0	3	3	24		ACTUAL	2	1	6	3	0	0	12	
%	33%	8%	33%	0%	13%	13%	100%		%	17%	8%	50%	25%	0%	0%	100%	
GLOBAL %	16%	4%	16%	0%	6%	6%	48%		GLOBAL %	4%	2%	12%	6%	0%	0%	24%	
ANTERIOR %	33%	50%	17%	0%	0%	0%	100%		ANTERIOR %	12%	35%	24%	18%	0%	12%	100%	
GLOBAL %	8%	12%	4%	0%	0%	0%	24%		GLOBAL %	4%	12%	8%	6%	0%	4%	34%	
DIA 8								DIA 8									
FECHA	18-Dec-15		HORA	10:50													
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	22	44%	28%	38%	60%												
AC %	12	24%	48%	32%	25%												
ANC %	16	32%	24%	31%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	4	1	5	0	2	0	12		ACTUAL	1	1	10	3	0	1	16	
%	33%	8%	42%	0%	17%	0%	100%		%	6%	6%	63%	19%	0%	6%	100%	
GLOBAL %	8%	2%	10%	0%	4%	0%	24%		GLOBAL %	2%	2%	20%	6%	0%	2%	32%	
ANTERIOR %	33%	50%	17%	0%	0%	0%	100%		ANTERIOR %	12%	35%	24%	18%	0%	12%	100%	
GLOBAL %	8%	12%	4%	0%	0%	0%	24%		GLOBAL %	4%	12%	8%	6%	0%	4%	34%	
DIA 9								DIA 9									
FECHA	21-Dec-15		HORA	16:40													
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	18	36%	44%	38%	60%												
AC %	20	40%	24%	32%	25%												
ANC %	12	24%	32%	30%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	9	2	6	0	3	0	20		ACTUAL	3	2	5	0	0	2	12	
%	45%	10%	30%	0%	15%	0%	100%		%	25%	17%	42%	0%	0%	17%	100%	
GLOBAL %	18%	4%	12%	0%	6%	0%	40%		GLOBAL %	6%	4%	10%	0%	0%	4%	24%	
ANTERIOR %	33%	8%	42%	0%	17%	0%	100%		ANTERIOR %	6%	6%	63%	19%	0%	6%	100%	
GLOBAL %	8%	2%	10%	0%	4%	0%	24%		GLOBAL %	2%	2%	20%	6%	0%	2%	32%	

DIA 10	FECHA	22-Dec-15		HORA	15:20												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	19	38%	36%	38%	60%												
AC %	14	28%	40%	32%	25%												
ANC %	17	34%	24%	30%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	5	2	1	2	3	1	14		ACTUAL	3	4	6	0	0	4	17	
%	36%	14%	7%	14%	21%	7%	100%		%	18%	24%	35%	0%	0%	24%	100%	
GLOBAL %	10%	4%	2%	4%	6%	2%	28%		GLOBAL %	6%	8%	12%	0%	0%	8%	34%	
ANTERIOR %	45%	10%	30%	0%	15%	0%	100%		ANTERIOR %	25%	17%	42%	0%	0%	17%	100%	
GLOBAL %	18%	4%	12%	0%	6%	0%	40%		GLOBAL %	6%	4%	10%	0%	0%	4%	24%	
DIA 11								DIA 11									
FECHA	5-Jan-16		HORA	11:10													
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	14	28%	38%	37%	60%												
AC %	15	30%	28%	32%	25%												
ANC %	21	42%	34%	31%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	5	3	0	0	5	2	15		ACTUAL	2	0	6	11	0	2	21	
%	33%	20%	0%	0%	33%	13%	100%		%	10%	0%	29%	52%	0%	10%	100%	
GLOBAL %	10%	6%	0%	0%	10%	4%	30%		GLOBAL %	4%	0%	12%	22%	0%	4%	42%	
ANTERIOR %	36%	14%	7%	14%	21%	7%	100%		ANTERIOR %	18%	24%	35%	0%	0%	24%	100%	
GLOBAL %	10%	4%	2%	4%	6%	2%	28%		GLOBAL %	6%	8%	12%	0%	0%	8%	34%	
DIA 12								DIA 12									
FECHA	6-Jan-16		HORA	17:11													
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	11	22%	28%	36%	60%												
AC %	17	34%	30%	32%	25%												
ANC %	22	44%	42%	32%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	4	4	2	0	7	0	17		ACTUAL	2	2	6	7	2	3	22	
%	24%	24%	12%	0%	41%	0%	100%		%	9%	9%	27%	32%	9%	14%	100%	
GLOBAL %	8%	8%	4%	0%	14%	0%	34%		GLOBAL %	4%	4%	12%	14%	4%	6%	44%	
ANTERIOR %	33%	20%	0%	0%	33%	13%	100%		ANTERIOR %	10%	0%	29%	52%	0%	10%	100%	
GLOBAL %	10%	6%	0%	0%	10%	4%	30%		GLOBAL %	4%	0%	12%	22%	0%	4%	42%	

DIA 13	FECHA	7-Jan-16		HORA	11:16												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP %	23	46%	22%	36%	60%												
AC %	15	30%	34%	32%	25%												
ANC %	12	24%	44%	32%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	7	0	0	0	5	3	15		ACTUAL	3	2	1	4	0	2	12	
%	47%	0%	0%	0%	33%	20%	100%		%	25%	17%	8%	33%	0%	17%	100%	
GLOBAL %	14%	0%	0%	0%	10%	6%	30%		GLOBAL %	6%	4%	2%	8%	0%	4%	24%	
ANTERIOR %	24%	24%	12%	0%	41%	0%	100%		ANTERIOR %	9%	9%	27%	32%	9%	14%	100%	
GLOBAL %	8%	8%	4%	0%	14%	0%	34%		GLOBAL %	4%	4%	12%	14%	4%	6%	44%	
DIA 14								DIA 14									
FECHA	11-Jan-16		HORA	12:10													
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP	18	36%	46%	36%	60%												
AC	9	18%	30%	31%	25%												
ANC	23	46%	24%	33%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	3	0	2	1	2	1	9		ACTUAL	5	0	9	4	4	1	23	
%	33%	0%	22%	11%	22%	11%	100%		%	22%	0%	39%	17%	17%	4%	100%	
GLOBAL %	6%	0%	4%	2%	4%	2%	18%		GLOBAL %	10%	0%	18%	8%	8%	2%	46%	
ANTERIOR %	47%	0%	0%	0%	33%	20%	100%		ANTERIOR %	25%	17%	8%	33%	0%	17%	100%	
GLOBAL %	14%	0%	0%	0%	10%	6%	30%		GLOBAL %	6%	4%	2%	8%	0%	4%	24%	
DIA 15								DIA 15									
FECHA	12-Jan-16		HORA	16:50													
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP	13	26%	36%	36%	60%												
AC	24	48%	18%	32%	25%												
ANC	13	26%	46%	32%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	11	1	0	4	7	1	24		ACTUAL	1	0	9	0	0	3	13	
%	46%	4%	0%	17%	29%	4%	100%		%	8%	0%	69%	0%	0%	23%	100%	
GLOBAL %	22%	2%	0%	8%	14%	2%	48%		GLOBAL %	2%	0%	18%	0%	0%	6%	26%	
ANTERIOR %	33%	0%	22%	11%	22%	11%	100%		ANTERIOR %	22%	0%	39%	17%	17%	4%	100%	
GLOBAL %	6%	0%	4%	2%	4%	2%	18%		GLOBAL %	10%	0%	18%	8%	8%	2%	46%	

DIA 16	FECHA	13-Jan-16		HORA	16:13												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP	16	32%	26%	36%	60%												
AC	17	34%	48%	32%	25%												
ANC	17	34%	26%	32%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	5	3	0	2	6	1	17		ACTUAL	6	0	5	6	0	0	17	
%	29%	18%	0%	12%	35%	6%	100%		%	35%	0%	29%	35%	0%	0%	100%	
GLOBAL %	10%	6%	0%	4%	12%	2%	34%		GLOBAL %	12%	0%	10%	12%	0%	0%	34%	
ANTERIOR %	46%	4%	0%	17%	29%	4%	100%		ANTERIOR %	8%	0%	69%	0%	0%	23%	100%	
GLOBAL %	22%	2%	0%	8%	14%	2%	48%		GLOBAL %	2%	0%	18%	0%	0%	6%	26%	
DIA 17								DIA 17									
FECHA	14-Jan-16		HORA	11:50													
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP	20	40%	32%	36%	60%												
AC	18	36%	34%	32%	25%												
ANC	12	24%	34%	32%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	7	2	4	1	4	0	18		ACTUAL	5	1	3	0	0	3	12	
%	39%	11%	22%	6%	22%	0%	100%		%	42%	8%	25%	0%	0%	25%	100%	
GLOBAL %	14%	4%	8%	2%	8%	0%	36%		GLOBAL %	10%	2%	6%	0%	0%	6%	24%	
ANTERIOR %	29%	18%	0%	12%	35%	6%	100%		ANTERIOR %	35%	0%	29%	35%	0%	0%	100%	
GLOBAL %	10%	6%	0%	4%	12%	2%	34%		GLOBAL %	12%	0%	10%	12%	0%	0%	34%	
DIA 18								DIA 18									
FECHA	15-Jan-16		HORA	11:00													
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP	30	60%	40%	37%	60%												
AC	7	14%	36%	31%	25%												
ANC	13	26%	24%	32%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	3	2	0	0	1	1	7		ACTUAL	1	0	7	1	0	4	13	
%	43%	29%	0%	0%	14%	14%	100%		%	8%	0%	54%	8%	0%	31%	100%	
GLOBAL %	6%	4%	0%	0%	2%	2%	14%		GLOBAL %	2%	0%	14%	2%	0%	8%	26%	
ANTERIOR %	39%	11%	22%	6%	22%	0%	100%		ANTERIOR %	42%	8%	25%	0%	0%	25%	100%	
GLOBAL %	14%	4%	8%	2%	8%	0%	36%		GLOBAL %	10%	2%	6%	0%	0%	6%	24%	

DIA 19	FECHA	18-Jan-16		HORA	15:42												
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP	21	42%	60%	37%	60%												
AC	18	36%	14%	32%	25%												
ANC	11	22%	26%	31%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	3	4	0	2	8	1	18		ACTUAL	2	4	2	2	0	1	11	
%	17%	22%	0%	11%	44%	6%	100%		%	18%	36%	18%	18%	0%	9%	100%	
GLOBAL %	6%	8%	0%	4%	16%	2%	36%		GLOBAL %	4%	8%	4%	4%	0%	2%	22%	
ANTERIOR %	43%	29%	0%	0%	14%	14%	100%		ANTERIOR %	8%	0%	54%	8%	0%	31%	100%	
GLOBAL %	6%	4%	0%	0%	2%	2%	14%		GLOBAL %	2%	0%	14%	2%	0%	8%	26%	
DIA 20								DIA 20									
FECHA	19-Jan-16		HORA	15:10													
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP	14	28%	42%	37%	60%												
AC	19	38%	36%	32%	25%												
ANC	17	34%	22%	31%	15%												
SUMA	50	100%	100%	100%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	7	0	3	1	7	1	19		ACTUAL	5	1	3	7	0	1	17	
%	37%	0%	16%	5%	37%	5%	100%		%	29%	6%	18%	41%	0%	6%	100%	
GLOBAL %	14%	0%	6%	2%	14%	2%	38%		GLOBAL %	10%	2%	6%	14%	0%	2%	34%	
ANTERIOR %	17%	22%	0%	11%	44%	6%	100%		ANTERIOR %	18%	36%	18%	18%	0%	9%	100%	
GLOBAL %	6%	8%	0%	4%	16%	2%	36%		GLOBAL %	4%	8%	4%	4%	0%	2%	22%	
DIA 21								DIA 21									
FECHA	0-Jan-00		HORA	00:00													
ACTIVIDAD	CANTIDAD	ACTUAL	ANTERIOR	ACUM	OPTIMO												
AP	0	0%	28%	35%	60%												
AC	0	0%	38%	30%	25%												
ANC	0	0%	34%	30%	15%												
SUMA	0	0%	100%	95%	100%												
DISTRIBUCION AC								DISTRIBUCION ANC									
	TRANSPORTE	LIMPIEZA	INSTRUCC	MEDICION	PREP MAT	OTROS	GLOBAL		VIAJES	DESNCANSO	OCIO	ESPERA	RETRABAJO	NEC FISICAS	GLOBAL		
ACTUAL	0	0	0	0	0	0	0		ACTUAL	0	0	0	0	0	0	0	
%	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		%	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
GLOBAL %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		GLOBAL %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
ANTERIOR %	37%	0%	16%	5%	37%	5%	100%		ANTERIOR %	29%	6%	18%	41%	0%	6%	100%	
GLOBAL %	14%	0%	6%	2%	14%	2%	38%		GLOBAL %	10%	2%	6%	14%	0%	2%	34%	

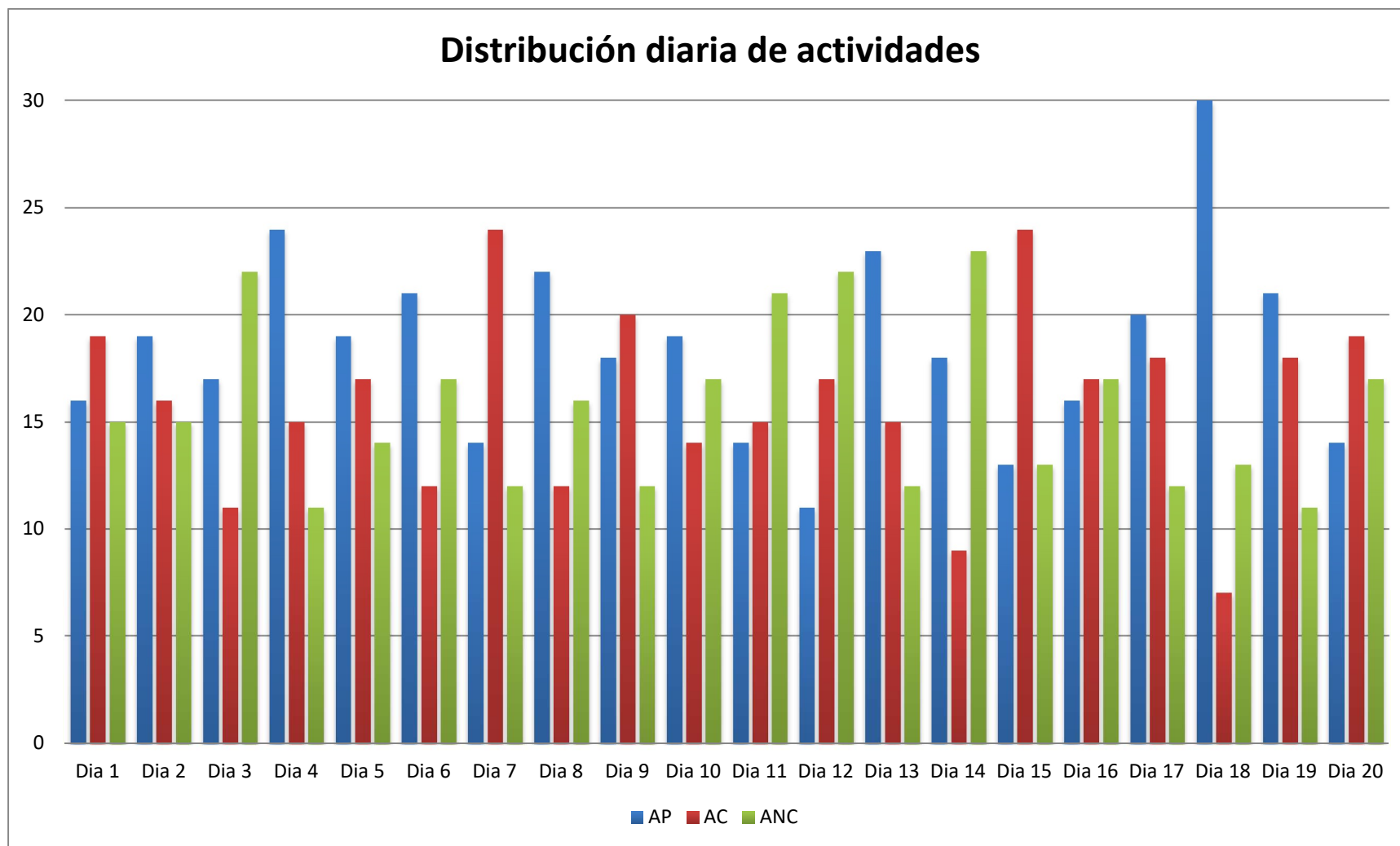


FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DIARIA DE ACTIVIDADES.

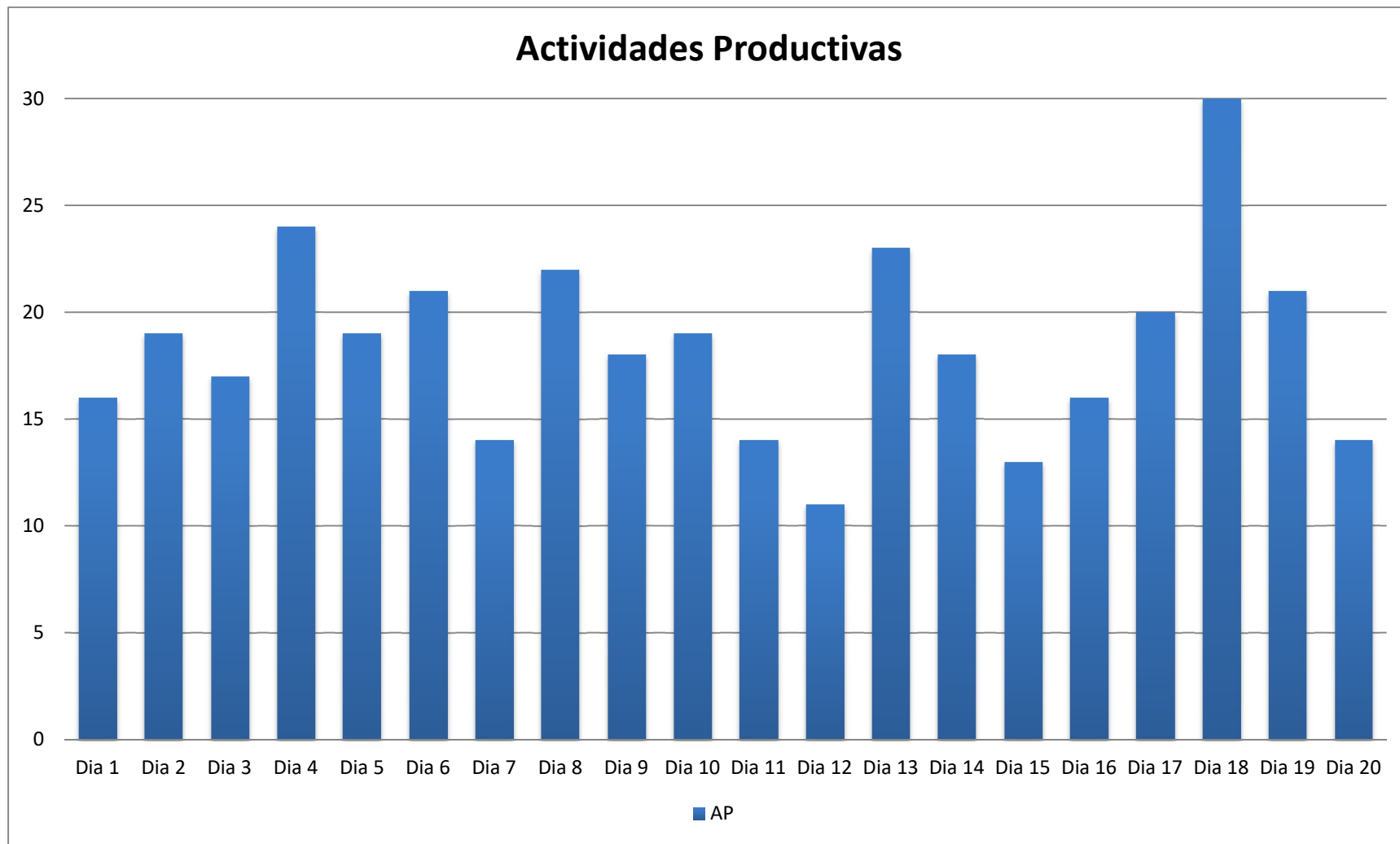


FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN DIARIA DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.

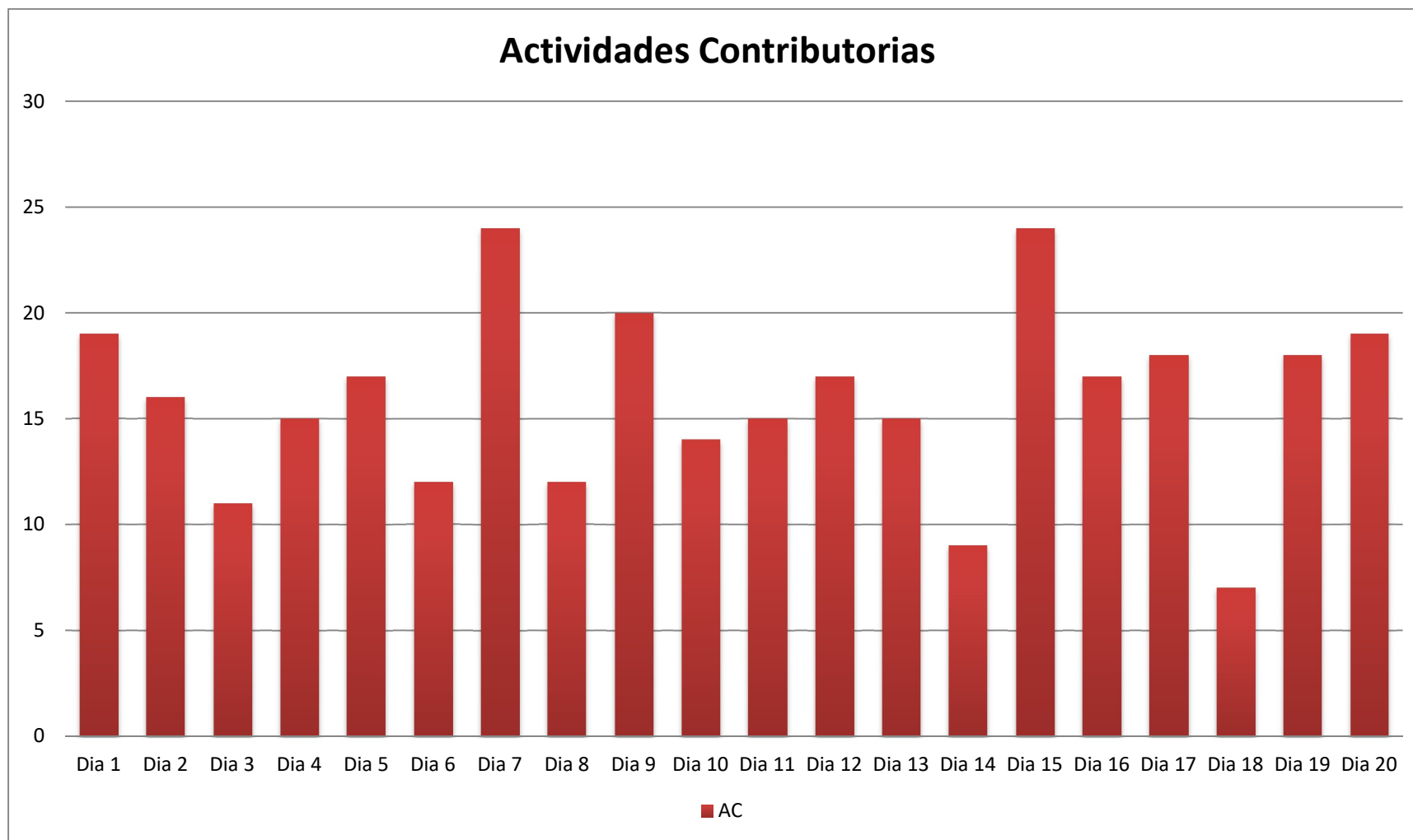


FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN DIARIA DE ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS.

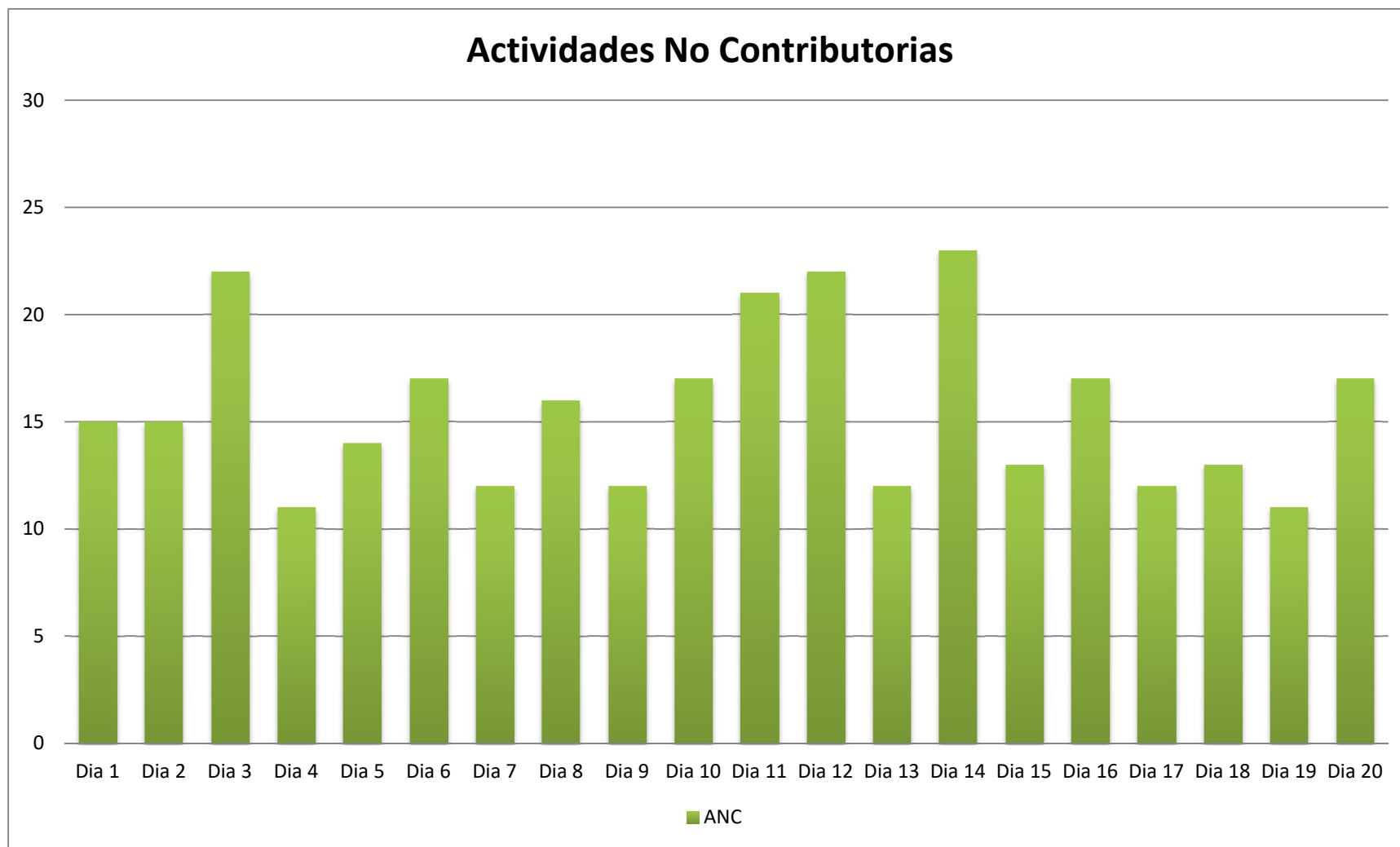
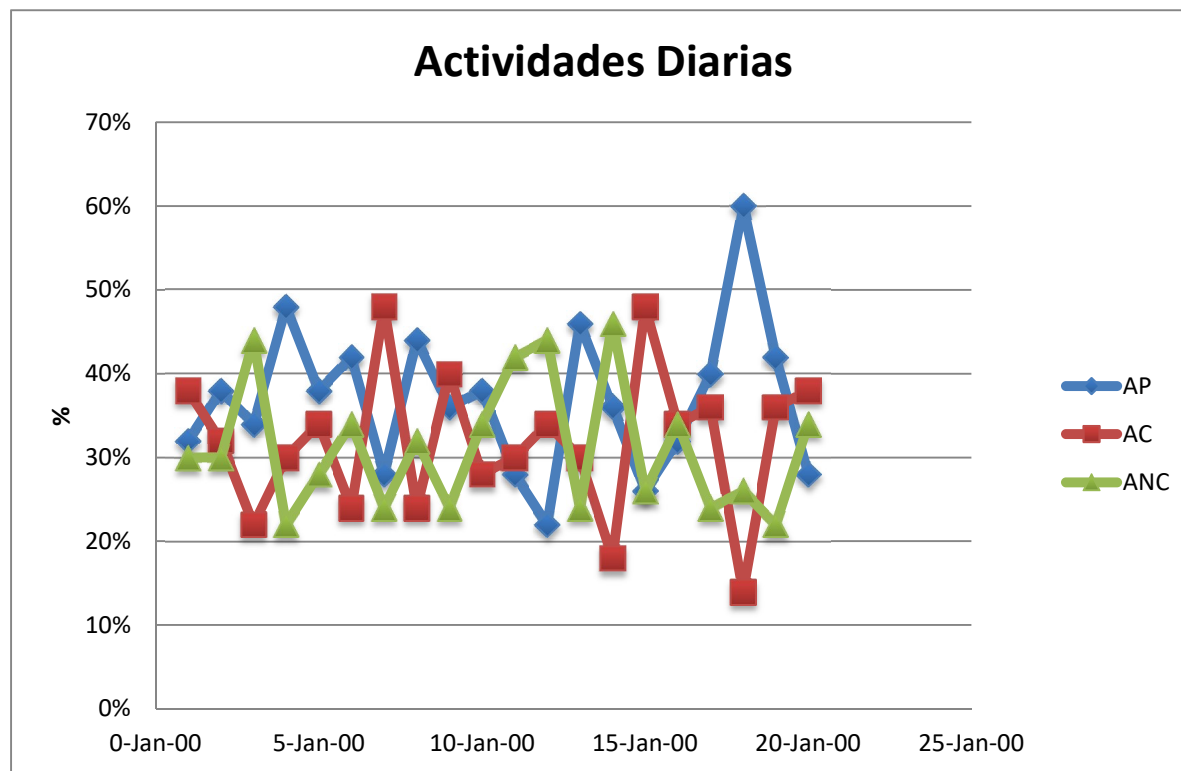


FIGURA 24. DISTRIBUCIÓN DIARIA DE ACTIVIDADES NO CONTRIBUTORIAS.



Niveles de activiad de la obra			
FECHA	AP	AC	ANC
1-Jan-00	32%	38%	30%
2-Jan-00	38%	32%	30%
3-Jan-00	34%	22%	44%
4-Jan-00	48%	30%	22%
5-Jan-00	38%	34%	28%
6-Jan-00	42%	24%	34%
7-Jan-00	28%	48%	24%
8-Jan-00	44%	24%	32%
9-Jan-00	36%	40%	24%
10-Jan-00	38%	28%	34%
11-Jan-00	28%	30%	42%
12-Jan-00	22%	34%	44%
13-Jan-00	46%	30%	24%
14-Jan-00	36%	18%	46%
15-Jan-00	26%	48%	26%
16-Jan-00	32%	34%	34%
17-Jan-00	40%	36%	24%
18-Jan-00	60%	14%	26%
19-Jan-00	42%	36%	22%
20-Jan-00	28%	38%	34%

FIGURA 25. GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DIARIA DE ACTIVIDADES.