

**Propuesta de modelo conceptual para el análisis de la productividad en proyectos de
infraestructura: Caso de estudio sobre la ampliación del metro de Caracas**

Por

Lorena Estefany Uribe Jiménez

Andrea Gabriela Rondón Robelto

Presentado a la Facultad de Ingeniería para cumplir con los requisitos para el grado de

Magíster en Ingeniería civil con énfasis en gestión de proyectos y construcción de la

Pontificia Universidad Javeriana

Bogotá, Colombia

Junio de 2016

**Propuesta de modelo conceptual para el análisis de la productividad en proyectos de
infraestructura: Caso de estudio sobre la ampliación del metro de Caracas**

Lorena Estefany Uribe Jiménez

Andrea Gabriela Rondón Robelto

Pontificia Universidad Javeriana

Credenciales de las autoras

Lorena Estefany Uribe, Facultad de Ingeniería, Universidad Piloto de Colombia

Andrea Gabriela Rondón, Facultad de Ingeniería, Universidad Metropolitana de Caracas

La correspondencia dirigida a las autoras puede enviarse a la Carrera 63 N° 22 – 10 Cs 2 Bq 2,
Bogotá, Colombia. E-mail: l_uribe@javeriana.edu.co y/o arondon@javeriana.edu.co

Resumen

La productividad en la construcción ha sido un tema bastante estudiado en las últimas tres décadas dentro de la industria en el campo de la gestión de proyectos, teniendo en cuenta la importancia que tiene como indicador principal para determinar el éxito y desempeño de los proyectos de construcción. Muchos estudios de productividad se encuentran en la literatura aplicados a proyectos de edificaciones, pero en el caso del sector de infraestructura, son pocos, encontrando un campo importante para explorar. El presente trabajo de investigación es un estudio de caso en un proyecto de este tipo, como lo es la Ampliación del Metro de Caracas en Venezuela. Se identifican y analizan los diferentes factores que afectaron la productividad del proyecto en estudio teniendo en cuenta aspectos de contexto y no solamente del interior de la obra, se establece la dependencia y relación entre ellos, ya que algunos pueden ser el resultado de la misma causa, o uno de los factores pueden desencadenar la aparición de otros, esta interacción entre factores origina una serie de relaciones que pueden describirse mediante un modelo conceptual que representa el comportamiento de los mismos y los efectos generados a la productividad; Dicho modelo es propuesto por este estudio bajo la implementación del enfoque cualitativo de investigación. Además, se realiza un análisis profundo de cada una de las relaciones que se construyen por medio de la técnica de la triangulación de la información y finalmente se abre una discusión y se plantean lineamientos para futuras investigaciones.

Palabras Clave: Productividad en construcción, factores que afectan productividad, modelo conceptual, proyectos de infraestructura, proyectos de metro, construcción metro Caracas, estudio de caso.

Agradecimientos

Primero queremos agradecer a Dios por la bendición que nos dio al poder adelantar nuestros estudios de posgrado y culminarlos exitosamente. A nuestros familiares y amigos, por su amor, paciencia, comprensión y apoyo durante todo nuestro proceso. Al conductor de este barco, nuestro director PhD. Holmes Páez por su acompañamiento, sugerencias y orientación.

Finalmente, queremos dar un agradecimiento especial a la empresa Consorcio Línea II por la colaboración en el suministro de la información necesaria para el desarrollo de esta investigación y a cada uno de los participantes de este estudio por su buena disposición y valiosos aportes.

Contenido

Introducción	9
Planteamiento del problema	10
Justificación.....	12
Pregunta de investigación.....	14
Objetivos	15
Estructura del documento.....	15
Capítulo I: Orientación teórica.....	17
La productividad en la construcción	17
Antecedentes de la productividad	17
Definiciones de Productividad	18
Factores que afectan la productividad.....	22
Medición de productividad.....	23
Modelo conceptual de productividad	25
Capítulo II: Método de investigación.....	26
Recuento de las principales actividades desarrolladas	26
Definición del método de estudio de caso.....	29
Argumentos para la escogencia del método.....	30
Criterios de rigurosidad en el método de estudio de caso	32
<i>Verificación interna</i>	32
<i>Verificación del constructo</i>	33
<i>Verificación externa</i>	35
<i>Confiabilidad</i>	38
Capítulo III: Caso de Estudio: Ampliación del Metro de Caracas	39
Antecedentes y descripción general del proyecto	39
<i>Metro Los Teques: Descripción general</i>	41
<i>Línea II: Estación Guaicaipuro e Independencia:</i>	43
Capítulo IV: Análisis de información y Resultados.....	46
Identificación de factores que influyeron sobre la variación de la productividad del proyecto	46
Construcción del modelo conceptual: Interrelación de factores	51
<i>Productividad Vs Disponibilidad de materiales</i>	54
<i>Productividad Vs Rediseños:</i>	57
<i>Productividad Vs Espacios de trabajo:</i>	59
<i>Productividad Vs Condiciones adversas del terreno</i>	63
<i>Productividad Vs Re trabajos</i>	65
<i>Productividad Vs Modelos de contratación</i>	67
<i>Productividad Vs Experiencia del personal</i>	70
<i>Productividad Vs Nuevas tecnologías:</i>	71

<i>Productividad Vs Ausentismo:</i>	73
<i>Productividad Vs Manifestaciones Protestas:</i>	75
Verificación del modelo conceptual.....	79
Capítulo V: Limitaciones, discusión y lineamientos para futuras investigaciones	81
Conclusiones	86
Anexos	90
Inventario de fuentes de información.....	90
Base de datos factores identificados en libros de obra.....	91
Cuestionarios aplicados.....	91
Inventario medios de comunicación revisados.....	91
Registro fotográfico y fílmico del Proyecto	91
Referencias.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del sistema productivo en la Construcción	21
Figura 2. Medición de la productividad a nivel de Tarea y Proyecto según la ASTM.....	24
Figura 3. Medición de productividad a nivel de Industria según la ASTM.....	24
Figura 4. Ejemplo de modelo conceptual de la productividad para el sector de edificaciones	25
Figura 5. Ejemplo cartas de confirmación participación en el estudio.	27
Figura 6. Ejemplo cuestionario y aplicación grupo focal	28
Figura 7. Ejemplo Libros de Obra realizados por la contratista Odebrecht.....	29
Figura 8. Esquema de Triangulación para describir un evento particular del caso de análisis.....	34
Figura 9. Etapas para generación de modelos de simulación de productividad del trabajo.	36
Figura 10. Esquema total de la magnitud del Metro de Caracas y Los Teques	40
Figura 11. Esquema de ubicación de la Ciudad de Caracas con Respecto a la ciudad de Los Teques.	41
Figura 12. Esquema Metro Los Teques	44
Figura 13. Corte de Excavación de estación.....	45
Figura 14. Construcción de bóveda para andén de acceso peatonal.	45
Figura 15. Modelo conceptual propuesto para el análisis de la productividad.....	52
Figura 16. Relación Productividad vs Disponibilidad de Materiales	54
Figura 17. Noticia sobre Disponibilidad de Materiales	55
Figura 18. Libro de obra, Manifestaciones en vías principales	55
Figura 19. Cuestionario Gerente de Producción del Proyecto, Ing. Antonio Hora	56
Figura 20. Libros de obra Evidencia de Demora de Pagos a Contratistas	56
Figura 21. Relación Productividad vs Rediseños	57
Figura 22. Libro de obra falta aprobación a rediseño	58
Figura 23. Cuestionario exploratorio, Ing. Juan Rovira, Ociven (subcontratista)	58
Figura 24. Relación Productividad vs Espacios de Trabajo.	59
Figura 25. Cuestionarios Exploratorios, Ing. Juan Rovira, Ociven (subcontratista)	60
Figura 26. Evidencia factor espacios de trabajo (Libro de obra 20 de Enero de 2013).....	60
Figura 27. Relación Productividad vs Presión de Cronograma	61
Figura 28. Noticia Presión al cronograma	62
Figura 29. Libro de Obra 05 de Marzo de 2013, Paros de obra por motivos Políticos	62
Figura 30. Cuestionario Ing. Gerente de Producción, Antonio Hora, Odebrecht.....	62
Figura 31. Relación de Productividad vs Condiciones adversas terreno	63
Figura 32. Libro de Obra, Condiciones adversas del terreno	63
Figura 33. Cuestionario Exploratorio, Ing. Gerente de Producción, Antonio Hora	64
Figura 34. Comunicado de Odebrecht, 22 de Agosto 2014.....	64
Figura 35. Relación Productividad vs Re trabajos.....	65
Figura 36. Evidencia problemas de calidad en obras.....	66
Figura 37. Relación Productividad vs Modelos de Contratación	67
Figura 38. Cuestionario Ing. Jesús Jeanty, Constructora Manda.....	67
Figura 39. Ej. Noticia modelos de contratación.....	68
Figura 40. Ej. Libro de obra – Paralización por Sindicato.....	69

Figura 41. Relación Productividad vs Experiencia de Personal.	70
Figura 42. Relación Productividad vs Nuevas Tecnologías	71
Figura 43. Cuestionarios Ing. Gerente de Producción, Odebrecht	71
Figura 44. Relación Productividad vs Ausentismo	73
Figura 45. Ej. Libro de Obra Factor Ausentismo.....	73
Figura 46. Noticia sobre paro de trabajadores	74
Figura 47. Libro de Obra, Estación Guaicaipuro, 05 de Marzo de 2013	75
Figura 48. Relación Productividad vs Manifestación y Protestas.....	75
Figura 49. Libro de Obra 18 de Noviembre de 2012, Estación Guaicaipuro	76
Figura 50. Evidencia manifestación ordenada por gobierno (11/04/13).....	76
Figura 51. Noticia Factor Manifestaciones- Protestas	77
Figura 52. Cuestionario Ing. Jesús Jeanty, Subcontratista Manda.....	77
Figura 53. Relación Papel del Gobierno vs Sindicato.	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Factores que afectan la productividad	22
Tabla 2. Personal aplicación cuestionarios	48
Tabla 3. Factores identificados	50

Introducción

La productividad en la construcción ha sido objeto de estudio, debate y atención por parte de todo tipo de industrias, en las últimas tres décadas, teniendo en cuenta que la competencia obliga a que los niveles de productividad sean cada vez más altos (Alpuche, 2004). En la construcción es uno de los factores más importantes que afectan el rendimiento general de las organizaciones, grandes o pequeñas (Kazaz & Ulubeyli, 2007). Además, de ser uno de los principales indicadores de desempeño para medir el éxito de un proyecto de construcción (Yi & Chan, 2014).

Los niveles de productividad varían de acuerdo a la afectación generada por una amplia gama de factores presentes en el desarrollo de los proyectos, una mejor comprensión de dichos factores puede permitir a los equipos de gestión asignar eficazmente sus limitados recursos, proporcionar apoyo para el impulso de las habilidades de sus trabajadores, aumentar la motivación de los trabajadores y mejorar su compromiso con la mejora de la productividad (Nasirzadeh & Nojedehi, 2013). Debido a que la construcción es una industria intensiva en trabajo, se puede argumentar que la fuerza de trabajo es el recurso productivo dominante; por lo tanto, la productividad de la construcción principalmente depende del esfuerzo y rendimiento humano, por esto es importante saber las necesidades de los trabajadores y lo que afecta su rendimiento (Kazaz & Ulubeyli, 2007), así como tener en cuenta otra serie de factores al interior y exterior del proyecto con el fin de comprender las causas de variación de la productividad y tomar medidas a tiempo.

Son varios los autores que han realizado estudios a nivel mundial en el tema de productividad en la construcción haciendo uso de diversas metodologías, buscando principalmente comprender, clasificar y priorizar los factores que la afectan con el fin de ayudar a mejorarla. La mayoría de las investigaciones en el sector están enfocadas en gran porcentaje a proyectos de edificaciones; Kazaz & Ulubeyli (2007) identificaron 18 factores económicos y socio-psicológicos entre 82 empresas constructoras de Turquía; Dai, Goodrum, Maloney, & Srinivasan (2009) identificaron un total de 83 factores entre tecnológicos, administrativos, de gestión, de diseño, materiales, herramientas entre otros, mediante la aplicación de 18 grupos focales con trabajadores de 9 empresas constructoras en EE.UU., Jarkas & Bitar (2012)

clasificaron en 4 grupos 45 factores identificados en proyectos de construcción en Kuwait: gestión, tecnología, humano/ mano de obra y externos; Liao, O'Brien, Thomas, Dai, & Mulva, (2011) analizaron 112 proyectos de construcción y diseño en diferentes partes del mundo, identificando factores de alcance, como tipo, tamaño y prioridad del proyecto, basados en datos del instituto de industria de la construcción (CII) de la Universidad de Texas. En el contexto latinoamericano, Rivas Borchering, González, & Alarcón (2011) realizaron un estudio de caso con 3 proyectos de minería y movimiento de tierras en una empresa Chilena en el que identificaron como factores principales de pérdidas de productividad materiales, herramientas, equipos, camiones, y reprocesos; Un estudio de caso con 3 proyectos de vías en EE.UU fue realizado por Ellis & Lee, (2006) en el que desarrollan un método para la medición y el análisis de la productividad a nivel de proyecto (PLP); Werner & AbouRizk (2015) realizaron un estudio en Canadá sobre los factores que afectan el avance de la máquina tuneledora (TBM) en la construcción de un túnel, los tipos de suelos, mantenimientos, nivel freático, especificaciones del equipo fueron identificados y estudiados; Enshassi, Kochendoerfer, & Abed (2013) estudiaron las tendencias para optimizar la productividad en los proyectos de construcción en Palestina donde los cierres, dificultades económicas y la situación política son determinantes en las bajas productividades que presenta la industria en la franja de Gaza, también se han realizado estudios de seguimiento a procesos industriales como la fabricación de acero (Song & AbouRizk, 2008) entre otros.

La presente investigación desarrolla la propuesta de un modelo conceptual que relaciona una serie de factores identificados mediante un estudio de caso de un proyecto de infraestructura como es la construcción de metro.

Planteamiento del problema

A pesar de todos los avances tecnológicos en la industria de la construcción, la abundancia de materiales para este sector, las herramientas y recursos financieros disponibles a los contratistas para el desarrollo de proyectos de interés público y privado, los costos de construcción, salvo algunas excepciones, están constantemente desfasados de los planes iniciales, las fechas contractuales de finalización de los proyectos se incumplen considerablemente, y la mayoría de los proyectos están sobrepasando significativamente sus

presupuestos (Jarkas & Bitar, 2012). Por estos motivos, que pueden considerarse como un claro reflejo de problemas de productividad en las obras se hace necesario estudiarlos a la luz de este tema en la industria de la construcción, pues sus efectos se evidencian en términos de tiempo y costo, y su mejora puede de alguna manera eliminar excesos de estos dos aspectos (Nasirzadeh & Nojedehi, 2013).

El estudio de la productividad en la construcción ha sido un área activa de investigación durante muchos años en el campo de la gestión. Los resultados de estos estudios han producido diversos enfoques de la medición y entendimiento de su comportamiento. Sin embargo, los métodos de cuantificación y análisis resultantes no son universalmente aplicables a todos los sectores de la industria de la construcción ya que cada sector tiene características diferentes. Por ejemplo, la construcción de carreteras es significativamente diferente de la construcción de edificios. Ha habido relativamente pocos estudios de productividad en este tipo de proyectos que se enmarcan en el sector de infraestructura (Ellis & Lee, 2006). Además, muchos de los estudios anteriores se han centrado en la medición y la comprensión de la productividad en relación con los elementos de trabajo individuales (actividades) y no a nivel general o de proyecto.

A pesar de ser un tema bastante discutido, la literatura que se conoce sobre este asunto permite identificar unas brechas importantes, dentro de las que se encuentra la falta de análisis de los factores que la afectan la productividad como conjunto, la aplicación de este tipo de estudios a ciertos campos y tipos de proyectos de ingeniería, entre otros. Por estos motivos, se encuentra en el tema del comportamiento de la productividad con respecto a los factores que la afectan, un tema interesante para explorar y llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

Como se mencionó anteriormente, las pérdidas de productividad de la construcción se suelen atribuir a varios factores, en lugar de uno solo, dichos factores raramente son independientes de los otros, algunos factores pueden ser el resultado de la misma causa, o un factor puede desencadenar la aparición de otros (Nasirzadeh & Nojedehi, 2013). Hay varios estudios que intentan evaluar el impacto de algunos de los factores que influyen en la productividad de manera individual. Sin embargo, estructuras interrelacionadas de los diferentes factores que afectan a la productividad laboral no se han abordado en trabajos anteriores, a excepción del estudio realizado por Nasirzadeh & Nojedehi (2013) para un proyecto de vivienda

(edificaciones) en Irán en el que construyen a partir de datos históricos del proyecto el modelo conceptual que relaciona los factores que afectan la productividad, posteriormente realizan mediante mediciones en campo un modelo cuantitativo y finalmente simulan escenarios para predicciones de la productividad, dicho modelo que sirve de referente para el presente estudio.

La productividad puede evaluarse a nivel de industria, proyecto y actividad, dicho análisis se asocia con el alcance del estudio, es decir, la medida tomada en cuenta en el proceso de estimación de las variables. El presente trabajo de investigación se centra en el análisis de la productividad a nivel de proyecto, entendida como la relación entre la productividad real y la esperada. Además, se explora el papel de los diferentes tipos y número de factores que afectaron a la productividad en el caso de estudio¹ y que generaron paralizaciones significativas en el desarrollo del proyecto.

Específicamente se encuentra en el tema de productividad en proyectos de infraestructura un área de estudio por explorar teniendo en cuenta la importancia de la productividad en cualquier proyecto de construcción y especialmente en un proyecto de construcción de un metro que tiene particularidades, factores e impactos específicos al entorno en el que se desarrolla por su alcance, tamaño, tipo, costo, duración y comunidad involucrada.

Justificación

Teniendo en cuenta el tipo de estudios sobre productividad que se encuentran en la literatura, se identifica que en la industria de la construcción existen dos clasificaciones generales según los tipos de proyectos (*American Society for Testing and Materials (ASTM), 2009*). Por un lado, están las edificaciones dentro de las que se encuentran los proyectos de servicio (e.g. hospitales, estadios, centros educativos entre otros.), comerciales (e.g. centros comerciales, oficinas, centros empresariales), vivienda entre otros; por otra parte, están los proyectos de infraestructura como lo son las vías, los puentes, puertos, viaductos, represas, túneles, entre otros. Como ya se evidenció, gran parte de los estudios encontrados en productividad se han enfocado en el campo de las edificaciones, pero los estudios en proyectos de infraestructura son menos abordados, por lo general, por los investigadores, mucho menos los

¹ Caso de estudio: Ampliación del Metro de Caracas, Venezuela.

de construcción de metros de los cuales no se registran estudios. En este último tipo de proyectos se enmarca el otro campo de interés de ésta investigación, teniendo en cuenta la magnitud de estas obras en cuanto a presupuestos de inversión considerables por parte de una nación, tiempos de ejecución amplios y no menos importante los grandes impactos positivos o negativos que generan al entorno en que se desarrollan. Específicamente se emplea el método de estudio de caso para analizar el comportamiento de la productividad en la construcción de un proyecto de Metro incluyendo el análisis de los factores que la afectan, generando variaciones considerables en la misma, mediante una metodología de investigación cualitativa.

Los proyectos de construcción requeridos para la implementación de sistemas de transporte urbano masivo generan grandes impactos sociales, económicos, culturales, políticos, ambientales entre otros (De Grange, 2010). En el caso de la construcción de un metro, dichos impactos no solo se evidencian a nivel de la ciudad donde se desarrollan, sino a nivel nacional, pues estos tipos de proyectos de infraestructura impulsan el crecimiento económico y desarrollo de un país (De Grange, 2010). La tendencia a la adopción de estas soluciones a los problemas de movilidad cada vez es más marcada según De Grange (2010), las grandes ciudades del mundo que han resuelto su problema de transporte público lo han logrado principalmente a la luz de las siguientes dos políticas públicas: una expansión significativa de la red de Metro y trenes urbanos, y una firme regulación en el uso del automóvil. Ciudades como Londres, Madrid, Paris, Berlín, Hong Kong, Barcelona, Nueva York, Tokio, cuyas extensiones urbanas y poblaciones son relativamente comparables con capitales Latinoamericanas , tienen redes de Metro o trenes urbanos desde más de 100 años que superan los 200, 300 e incluso los 400 kilómetros. Es decir, en ciudades que presentan buenos sistemas de transporte público, la mayor parte de la demanda es atendida por líneas de Metro o tecnologías similares (e.g. trenes suburbanos, trenes ligeros o tranvías). Por todo esto, se resalta la importancia de estudiar el comportamiento de la productividad en la construcción de proyectos de transporte masivo de este tipo.

Teniendo en cuenta lo anterior, la mayoría de los aspectos relacionados con la ejecución de las obras para proyectos de infraestructura como es el caso de la construcción de un metro se vuelven de interés nacional, en especial temas como el manejo de los recursos y el cumplimiento de los plazos para la entrega de las obras, pues las demoras en la finalización de los trabajos de construcción generalmente implican un incremento en los costos finales del mismo y

afectaciones importantes a la comunidad y demás actores involucrados en el proyecto. De tal forma, la productividad y los factores que la afectan adquieren una importancia central para su análisis con el fin de garantizar el éxito del proyecto y mitigar dichos efectos negativos.

Por todos estos motivos mencionados anteriormente, se encuentra un campo por explorar y se ve la necesidad de realizar la investigación enfocada a los proyectos de infraestructura para llenar este vacío identificado en la revisión de literatura sobre el conocimiento de este tema, específicamente en un sistema de transporte urbano masivo como lo es un metro subterráneo. Lo anterior se plantea con tres motivaciones principales: hacer un aporte al estado del arte principalmente considerando que para el tipo de proyecto que se estudiará adquiere mucha importancia el tema de productividad de equipos, aparte de la mano de obra que ya ha sido bastante estudiada, además del análisis de los factores que la afectan, en conjunto, como estructura interrelacionada, involucrando aspectos de contexto debido al carácter de interés público de este tipo de proyectos no solo factores internos de la obra; poder generar una herramienta de consulta para identificar la raíz de las causas de la variación de la productividad y llegar a mitigar dichos efectos oportunamente, pues en cuanto al cumplimiento de plazos, es muy importante la identificación a tiempo de los factores que afectan la productividad para que los gerentes puedan actuar efectivamente sobre ellos con el fin de reducir los costos, mejorar la programación, y, finalmente, obtener una mayor predicción precisa de la productividad para estimar los costos de construcción (Rivas, Borcharding, González, & Alarcón, 2011); y finalmente poder ampliar el conocimiento de la dinámica de desarrollo de este tipo de proyectos que son poco conocidos en Colombia en el que no existe un metro subterráneo.

Pregunta de investigación

Como se nombró anteriormente la investigación se realiza mediante el estudio de caso, de la ampliación del Metro de Caracas, específicamente la construcción de la Línea II del Metro de Los Teques², principalmente por el hecho de ser una ciudad capital, manejar un contexto algo atípico a varios países del mundo y el acceso a la información requerida para el desarrollo del estudio. A pesar de la variedad de factores presentes en la afectación de la productividad de un

² Los Teques: Capital del estado de Miranda, uno de los más importantes de Venezuela, ciudad adyacente a Caracas.

proyecto, Venezuela es un país en el que el tipo de gobierno y sus políticas centralizadas tienen una gran influencia en el desarrollo de los proyectos de índole público, pues son sus obras bandera. Los sindicatos que tienen mucha fuerza y poder en este país, ya que tienen todo el apoyo del gobierno, son también un factor importante de análisis.

Partiendo de la siguiente pregunta de investigación, *¿Cómo afectaron el gobierno y los sindicatos la variación de la productividad durante la ejecución de la Línea II del Metro de Caracas?* se desarrolla el presente trabajo, en busca de entender como estos factores externos influenciaron el comportamiento de la productividad positiva o negativamente y a su vez como se relacionan con los demás factores que son más comunes en los estudios de productividad como la disponibilidad de materiales, la calidad, la experiencia del personal entre otros.

Objetivos

El objetivo general de este estudio es explicar mediante un modelo conceptual³ cómo afectó un conjunto de factores la productividad durante la ejecución del proyecto en mención, generando una representación gráfica de la estructura interrelacionada que se construye a partir de la interacción de los factores y de su afectación a la productividad, para tal fin se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Identificar factores que afecten la productividad para poder generar la relación con su variación y de qué manera se presenta.
- Generar un modelo conceptual con base en los factores ya identificados, que represente las relaciones directas o indirectas entre los mismos.
- Verificar el modelo conceptual mediante la metodología de grupos focales.

Estructura del documento

En el Capítulo I, se muestra la orientación teórica del estudio, la cual se basa principalmente en conceptos básicos de productividad, algunos antecedentes, sus niveles de

³ Modelo Conceptual: Una herramienta, gráfica o narrativa, que explica las principales cuestiones (factores, constructos o variables) que se van a estudiar y las posibles relaciones entre ellas (Rodríguez, Gil, & García, 1996)

análisis, diferentes factores que se encuentran identificados en la literatura, algunas técnicas de medición, un ejemplo de modelo conceptual aplicado al área de edificaciones.

En el capítulo II, se desarrolla todo lo relacionado con la metodología aplicada a la investigación, las principales actividades realizadas, en que consiste el método seleccionado, los criterios para su escogencia y los aspectos para garantizar la rigurosidad en la aplicación del mismo, dentro de estos últimos se presentan las diferentes fuentes de información usadas en el estudio y las técnicas para el manejo de la misma.

El capítulo III, muestra una descripción general del caso de estudio seleccionado a modo de contextualización y conocimiento del proyecto en lo que respecta a la información de interés para la investigación.

En el capítulo IV se desarrollan los análisis de los resultados con los cuales se construye el modelo conceptual, se estudian cada una de las relaciones principales identificadas y se presenta a manera de relato, una reconstrucción histórica del desarrollo del proyecto y los aspectos principales relacionados con la productividad del mismo.

Finalmente se muestran las conclusiones del estudio y se establece una discusión para aclarar las limitaciones y los lineamientos para futuras investigaciones similares.

Capítulo I: Orientación teórica

La productividad en la construcción

La productividad ha sido objeto de estudio, debate y atención por parte de todo tipo de industrias, en las últimas tres décadas, teniendo en cuenta que la competencia obliga a que los niveles de productividad sean cada vez más altos (Alpuche, 2004). Es un tema relevante en el marco de la construcción, ya que es una industria que usa intensivamente la mano de obra, pues la mayoría de ejecución de los trabajos es realizado por personas (a diferencia de otros sectores como el industrial que operan con procesos automatizados), donde factores como rendimientos y costos hacen que el recurso mano de obra sea más volátil (Monzón, 2009).

De acuerdo con Yi & Chan (2014), la productividad en la construcción puede ser definida a nivel de industria, proyecto y actividad. A nivel de industria (macro) es utilizada por los economistas para determinar la fortaleza de la economía, las tendencias, las tasas de crecimiento (Monzón, 2009) y su mejora es una herramienta vital en contrarrestar los efectos inflacionarios y la determinación de las políticas salariales (Kazaz & Ulubeyli, 2007), aunque cabe aclarar que en el presente trabajo de investigación no se analizará la productividad en este nivel. A nivel de proyecto y actividad (Micro) puede aplicarse a las áreas de gestión, planificación o programación, estimación de costos, contabilidad, entre otros (Monzón, 2009) y su mejora disminuye unidades de costos y tiempo y sirve como un indicador del desempeño del proyecto (Kazaz & Ulubeyli, 2007) y como actividad para controlar el rendimiento de los trabajos de construcción, definida como la relación entre los recursos (e.g. horas hombre o equipo entre otros) y las cantidades de trabajo producido (e.g. Metros instalados o excavados).

Antecedentes de la productividad

Nadie puede asegurar exactamente desde que año se comenzó a estudiar la productividad. Las primeras acciones productivas que realizó el hombre por neta necesidad en la edad primitiva fueron la creación de herramientas a base de piedra, madera y huesos de animales; así como la fabricación de ropa de pieles de animales y vegetales, la cestería y la cerámica, además del desarrollo de actividades como la caza, pesca y recolección. Para el año de 3150 A.C. la civilización de los egipcios ya contaba con su propia técnica PERT aplicada en la construcción

de sus pirámides. Esta civilización también ya empleaba panaderías, carpinterías, cervecerías entre otros comercios que distinguieron el rendimiento de esta sociedad (Riggs, 2001).

El origen de la palabra productividad se remonta a 1766, cuando se mencionó por primera vez en un artículo de Quesnay. Más de un siglo después, en 1883, Littré define la productividad como la "facultad para producir", es decir, el deseo de producir. A principios del siglo XX, una definición más precisa fue desarrollada: "la relación entre la producción y los medios empleados para realizar dicho producto". En 1950, la Organización para la Cooperación Europea (OECE) introdujo una definición formal de la productividad como "un cociente obtenido dividiendo la salida por uno de los factores de producción". En consecuencia, se hizo posible hablar de la productividad del capital, la inversión, o de materias primas de acuerdo a si la salida está siendo considerada en relación con el capital, la inversión, o materias primas (Jarkas & Bitar, 2012).

A lo largo de la historia en la industria de la construcción, se han conservado los mismos principios productivos durante mucho tiempo. En busca de una mejora a las tendencias tradicionales en la ejecución de proyectos de construcción, nacen nuevas corrientes enfocadas a mejorar el desempeño de los procesos productivos (Palacios, 2011); Se empieza a hablar de productividad en esta industria con la introducción de filosofías como *Lean Construction* (LC) o "construcción sin pérdidas", un nuevo enfoque en la gestión de proyectos de construcción introducido por el profesor Lauri Koskela en el año 1992 basándose en el modelo empleado por Ford (Fordismo) y Toyota (Toyotismo) por la industria automovilística en los 80, la "producción *Lean*". Koskela propone que la construcción es un sistema de producción que se funda en proyectos con gran incertidumbre en la planificación y una mala concepción de la producción (Porrás, Sánchez, & Galvis, 2014), de allí se han implementado gran variedad de filosofías y técnicas para la mejora de los niveles de productividad en los proyectos de construcción.

Definiciones de Productividad

Son diversos los significados que tiene la productividad dependiendo del objeto de debate o estudio (Monzón, 2009). Según Yi & Chan (2014) en una extensa revisión de literatura respecto al tema en la industria de la construcción, donde evalúan 129 artículos (papers) publicados en revistas de reconocimiento mundial, se puede adoptar la definición principal de productividad como una relación entre la producción y las entradas asociadas utilizadas en dicho proceso. En consecuencia, la productividad puede ser considerada como una medida de los

resultados (i.e. cantidad instalada) que se obtienen mediante una combinación de entradas (i.e. recursos).

Debido a que la construcción es una industria intensiva en trabajo, se puede argumentar que la fuerza de trabajo es el recurso productivo dominante. Por lo tanto, la productividad laboral (i.e. mano de obra) es un índice de productividad crucial debido a la concentración de trabajo humano necesario para completar una tarea específica. Teniendo en cuenta esto, se establece la siguiente ecuación para establecer la productividad en la construcción a nivel de actividades:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Trabajo en Horas}}{\text{Salidas}} = \frac{\text{Horas reales de trabajo}}{\text{Cantidad Instalada}}$$

También se establece la productividad como un coeficiente de rendimiento adimensional que se determina dividiendo la productividad real por la productividad de línea base o esperada, para evaluarla a nivel de proyecto.

$$\text{Coeficiente de Rendimiento} = \frac{\text{Productividad real}}{\text{Productividad esperada}}$$

Este enfoque permite determinar la productividad basada en el progreso y no en las horas de trabajo consumidas, y dicho progreso y rendimiento puede establecerse independientemente del tipo de trabajo realizado.

Otras definiciones adoptadas por diferentes autores son:

Monzón (2009) cita varios autores que establecen definiciones importantes de productividad entre las cuales se tienen:

1. Agencia Europea de Productividad (EPA): Productividad es el grado de utilización efectiva de cada elemento de producción.
2. Organización Internacional del Trabajo (OIT): Los productos son fabricados como resultados de la integración de cuatro elementos principales: tierra, capital, trabajo y organización. La relación de estos elementos a la producción es una medida de la productividad.

3. La productividad es un resultado, es la derivación de hacer las cosas de una determinada manera y para esto es necesario saber qué hacer, tener la tecnología y practicar eficazmente la técnica. La productividad no es una herramienta sino una consecuencia del uso de ellas.
4. Para la industria de la construcción productividad se conceptualiza como “la medición de la eficiencia con la que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y un estándar de calidad dado.

Un sistema productivo como la construcción, se caracteriza por la transformación de recursos, que pueden subdividirse en tres grupos principales: materiales, maquinaria o equipos, y mano de obra. Se puede hablar entonces de diferentes clases de productividad en un proyecto de construcción si se separan los recursos considerados (Botero & Álvarez, 2004):

1. Productividad de los Materiales: es importante pues su objetivo es controlar los costos minimizando las pérdidas para no exceder lo presupuestado en el cálculo del proyecto.
2. Productividad de Maquinaria o Equipos: el alto costo que representa obliga a racionalizar el uso en el transcurso del proyecto, tratando de evitar los tiempos muertos y el estancamiento de las tareas que dependen de maquinaria o equipos.
3. Productividad Laboral o de Mano de Obra: este es un factor fundamental ya que normalmente es el recurso que determina el ritmo de trabajo de la construcción del cual depende la productividad de otros recursos.

En la Figura 1 se muestra el sistema productivo de la construcción según Monzón (2009)

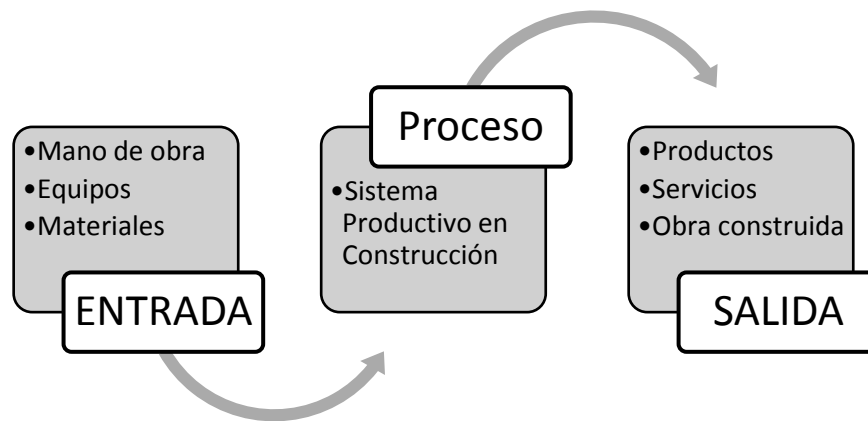


Figura 1. Esquema del sistema productivo en la Construcción

Es importante resaltar que de la gran cantidad de definiciones encontradas en la literatura para productividad y que fueron listadas anteriormente, la definición adoptada para la presente investigación es la que establece el análisis a nivel de proyecto, entendida como la relación entre la productividad real y la esperada, con la cual se determina un coeficiente de rendimiento que estudia las tasas de producción y sus variaciones son analizadas para paquetes de actividades y su respectivo conjunto de tareas, identificando las pérdidas de productividad como el efecto generado por una serie de factores que ocasionan paralizaciones considerables en la ejecución normal de las labores del proyecto en estudio.

Factores que afectan la productividad

Muchos estudios han realizado varios autores para identificar, priorizar y clasificar los principales factores que afectan la productividad, en la Tabla 1 se muestran algunas clasificaciones y factores identificados en la revisión de literatura, para el sector de edificaciones.

Tabla 1. Factores que afectan la productividad

(Yi & Chan, 2014)		(Kazaz & Ulubeyli, 2007)		(Jarkas & Bitar, 2012)	
Grupo	Factores	Grupo	Factores	Grupo	Factores
A nivel de proyecto	Utilización del tiempo Eficiencia del tiempo de trabajo Trabajo efectivo Trabajo directo, productivo y no productivo Aplicación Lean Construction Efecto de Cambio o variación Ordenes Horas extra Horario demasiado extensos Aceleración de horario Comprensión del trabajo Flujo de trabajo Línea base y evaluación comparativa Rendimientos base Indicadores de desempeño Gráficos de control	Económicos	Remuneración oportuna Valor de la remuneración Seguro social Pago de incentivos Seguridad en el empleo Afiliación sindical.	Gestión	Supervisión del trabajo Subcontratación Falta de incentivos Falta de liderazgo director obra Ubicación almacén Horas extras Asignación espacios de trabajo Escasez de materiales
	A nivel de actividad	Cantidad de trabajo Tamaño de las cuadrillas Edificabilidad Condiciones ambientales Efectos de aprendizaje	socio-psicológicos		Disciplina laboral Condiciones de salud y de seguridad Satisfacción en el trabajo La creación de la competencia Las relaciones con los compañeros de trabajo Responsabilidad Compartir problemas y sus resultados Oportunidades de actividad social Diferencias culturales Participación de los trabajadores en la toma de decisiones Distancia de la casa Distancia de los centros de población
					Humanos
				Externo	Estabilidad política Seguridad Condiciones de la Economía Factores climáticos

En cuanto al contexto latinoamericano, en un estudio de caso realizado en una empresa de construcción en Chile (Rivas et al., 2011) se identificaron como factores principales de la variación de la productividad: disponibilidad de materiales, herramientas, equipos y camiones, re trabajo, hacinamiento en áreas de trabajo, espera de instrucciones e inspecciones, interpretación e información del diseño, volumen de negocios, absentismo, relación de supervisión, motivación, entre otros.

En el sector de infraestructura, aunque se comparten algunos factores con el de edificaciones, hay otros tipos de factores que pueden llegar a afectar la productividad de este tipo de proyectos. Ellis & Lee (2006) realizaron un estudio con 3 proyectos de construcción de

carreteras e identificaron que factores como los incentivos, trabajo en equipo, estructura organizacional, establecimiento de metas, trabajo artesanal, calidad de la ingeniería, calidad de la gestión de proyectos, calidad de operación y mantenimiento, cultura empresarial son muy importantes en el momento de evaluar la productividad a nivel de proyecto.

En este punto, respecto a la identificación de los factores que afectan la productividad, hay que tener en cuenta que un proyecto de construcción típicamente es un proceso complejo que involucra muchas actividades simultáneas e interrelacionadas. Los efectos de las interrupciones, es probable que se extiendan a muchas actividades del proyecto y el rendimiento global del mismo. La capacidad de medir y evaluar la productividad total del proyecto puede ofrecer oportunidades adicionales para aprender acerca de este complejo proceso (Ellis & Lee, 2006). Por tal razón es muy importante comprender la relación causa y efecto que genera un factor sobre la variación de la productividad, teniendo en cuenta que el rendimiento del proyecto se determina por la productividad en todos los elementos de trabajo del proyecto. La medida de unos pocos ítems de trabajo no es suficiente para describir la productividad global de proyectos

Medición de productividad

Cabe resaltar que la relación entre los factores que influyen y la resultante de la productividad es muy difícil de cuantificar. Los datos publicados de productividad sólo representan tasas promedio y sólo sirven como pauta general para sus estimaciones (Song & AbouRizk, 2008), esto puede deberse a que cada proyecto tiene particularidades y especificaciones puntuales que los hacen diferentes unos de otros.

Los resultados de muchos estudios de productividad han generado diversos enfoques de medición de la productividad. Sin embargo, los métodos de cuantificación resultantes no son universalmente aplicables a todos los sectores de la industria de la construcción ya que cada sector tiene características diferentes. Por ejemplo, la construcción de vías es significativamente diferente de la construcción de edificios. Ha habido relativamente pocos estudios de productividad en proyectos de infraestructura (Ellis & Lee, 2006). Además, estudios anteriores se han centrado en la medición y la comprensión de la productividad en relación con elementos de trabajo individuales.

En E.E.U.U existe una norma de la ASTM International que establece un procedimiento estandarizado para medir la productividad de la construcción en tres niveles: tarea, proyecto e

industria como se muestra en la Figura 2 y la Figura 3. Se trata de la norma ASTM E2691-11 (*American Society for Testing and Materials (ASTM), 2011*) la cual se complementa con la ASTM E1557-09 (*American Society for Testing and Materials (ASTM), 2009*), dichas normas son un punto de referencia importante para los estudios que se desarrollen en los temas de productividad en la construcción, a pesar que están enfocadas al sector de edificaciones.

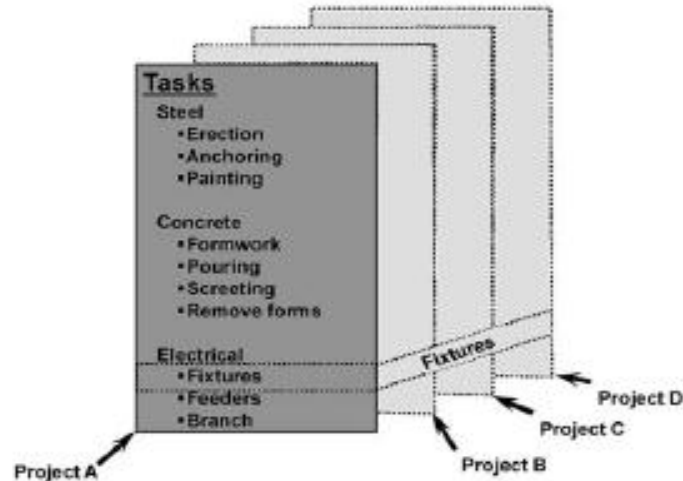


Figura 2. Medición de la productividad a nivel de Tarea y Proyecto según la ASTM

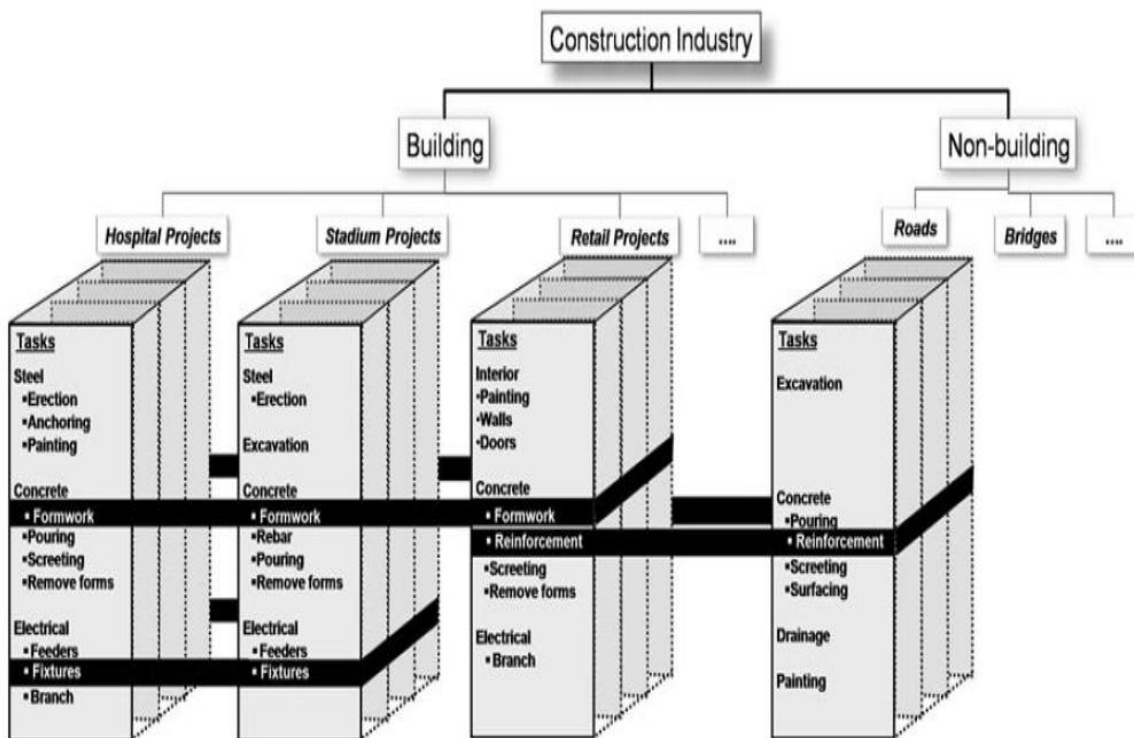


Figura 3. Medición de productividad a nivel de Industria según la ASTM

Modelo conceptual de productividad

Los diferentes factores que afectan la productividad del trabajo de construcción son rara vez independientes de los otros, algunos factores pueden ser el resultado de la misma causa, o uno de los factores pueden desencadenar la aparición de otros (Dai, Goodrum, Maloney, & Srinivasan, 2009). Esta interacción entre factores origina una serie de relaciones que pueden describirse mediante un modelo conceptual para mayor entendimiento del comportamiento de los mismos y los efectos generados, para esta investigación el modelo conceptual constituye una representación gráfica de la estructura interrelacionada de ciertos factores identificados y su relación con la variación de la productividad.

Como se puede observar en la Figura 4, que corresponde a un ejemplo de modelo conceptual elaborado para el sector de edificaciones en un proyecto de vivienda en Irán (Nasirzadeh & Nojehdehi, 2013), la productividad se ve afectada por varios factores directos e indirectos que pueden evaluarse y analizarse en conjunto, las flechas indican las relaciones causales y los signos positivos o negativos en las puntas de flecha indican que existe una relación

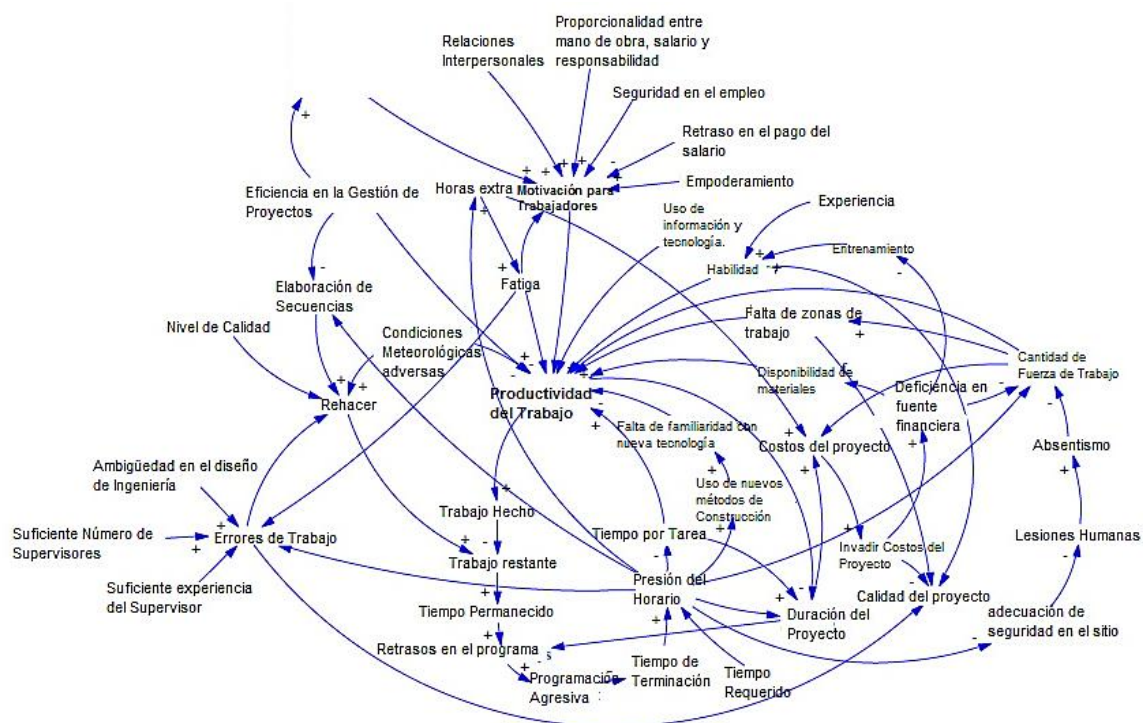


Figura 4. Ejemplo de modelo conceptual de la productividad para el sector de edificaciones

positiva o negativa entre ambas variables, respectivamente.

Capítulo II: Método de investigación

Recuento de las principales actividades desarrolladas

Para el desarrollo del presente estudio fue fundamental en primera instancia la revisión del estado del arte, la cual fue el punto de partida para identificar el papel fundamental que juega la productividad en el desarrollo de los proyectos de construcción, las brechas en el área de infraestructura, así como la importancia de analizar los factores que afectan la productividad en conjunto y a nivel de proyecto, como una medida de progreso y no de rendimiento de una tarea específica, pues en estas ideas se fundamentó el planteamiento del problema, justificación e importancia de esta investigación.

En segunda instancia se realizó la escogencia del caso de estudio, se evidenció en diferentes fuentes la importancia y la transformación que puede lograr la construcción de un metro⁴ a las ciudades donde se construyen, el tipo de proyecto seleccionado permite cubrir la brecha identificada en la primera parte del estudio, además de analizar los factores que afectaron la productividad a la luz de un contexto particular en Latinoamérica.

A continuación se realiza un recuento de las principales actividades realizadas para el desarrollo del tema antes mencionado:

Inicialmente se tuvo contacto mediante correo electrónico con personas que trabajaron en la construcción del metro, entre los cuales había personal administrativo, gerencial, técnico y obrero, tanto del dueño del contrato, la empresa Metro de Los Teques, como también del constructor Consorcio Línea II, al igual que de diferentes subcontratistas que estuvieron en diferentes etapas del proyecto. Se envió una invitación para confirmar su participación en el estudio con suministro de información y aportes mediante entrevistas, cuestionarios entre otros. Un ejemplo del correo de confirmación se muestra en la Figura 5 .

⁴ Se aclara que el tipo Metro que se va a tratar durante todo el desarrollo del trabajo de grado, es una estructura subterránea en su totalidad, estaciones de acceso peatonal y andenes de ingreso a vagones.



Bogotá 10 de Agosto 2015
Ing Antonio Hora

Por medio de la presente queremos invitarlo a participar del proyecto de investigación :

"Propuesta de modelo conceptual para el análisis de la productividad en proyectos de infraestructura: Caso de estudio sobre la ampliación del metro de Caracas"

Se solicitara información del proyecto Metro los Teques mas específicamente de la línea Guaicaipuro-Independencia, Independencia-los cerritos y estación Independencia. La misma se recopilara por medio de una serie de entrevistas y encuestas.

Agradecemos su colaboración y confirmación antes del día 20 de Agosto de 2015.

Cabe destacar que al finalizar el estudio los resultados obtenidos serán compartidos con usted para su conocimiento.

Firmar para corroborar su participación.

Nombre: ANTONIO HORA DE MQUERA FUENTES

Empresa: CONSORCIO LINEA II - METRO LOS TEQUES

Cargo: PRODUCCIÓN

Figura 5. Ejemplo cartas de confirmación participación en el estudio.

En segundo lugar se realizaron 3 unas entrevistas preliminares en las que participaron el director de topografía, un ingeniero de planta y un ingeniero de producción, quienes suministraron datos generales del proyecto y primeros acercamientos a los factores que generaron paralizaciones o avances significativos de las obras.

Se elaboró un cuestionario de 15 preguntas abiertas el cual fue aplicado a 13 personas con diferente cargo, gerentes, residentes, maestros y obreros, donde se exploraba su opinión y experiencia en el desarrollo de la construcción del metro frente a factores que pudieron afectar la productividad de la obra. Se llevó a cabo 1 grupo focal con 4 actores de diferentes niveles en el proyecto, se debatieron los factores identificados en los cuestionarios, se identificaron unos nuevos y se pudo establecer preliminarmente la incidencia de estos en los niveles de productividad (a favor o en contra). Los Integrantes fueron Ing. Rafael Álvarez, (Residente de Producción, OCIVEN), Ing. Leonel Cárdenas (Residente de Producción, Odebrecht, Rafael Añez (Maestro de encofrado, OCIVEN) y David Hidalgo (Maestro de varilla), en la Figura 6 se muestra un ejemplo del cuestionario y evidencia del grupo focal desarrollado.

Cuestionario Entrevistas - Encuestas
Proyecto de grado: Propuesta de modelo conceptual para el análisis de la productividad
en proyectos de infraestructura: caso de estudio sobre la ampliación del Metro de Caracas

**CUESTIONARIO
PROYECTO DE GRADO**

Propuesta de modelo conceptual para el análisis de la productividad en proyectos de infraestructura: Caso de estudio sobre la ampliación del Metro de Caracas

El presente cuestionario busca conocer su experiencia en el proyecto de ampliación del Metro de Caracas, específicamente en el de Los Teques; dicha experiencia es muy importante para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación que consiste en describir de manera detallada la relación que tuvo una serie de factores con la variación de la productividad del proyecto mencionado y como la afectaron.

Es fundamental en primera instancia la identificación de los principales factores que afectaron el normal desarrollo de las actividades, por lo que agradecemos la información más detallada que pueda brindarnos.

Nota: Si es necesario ampliar alguna respuesta, por favor hacerlo en una hoja adicional y anexarla al final.

Nombre: **Antonio Hora**

Cargo: **Gerente de Producción**

Empresa: **Odebrecht**

Estación del Metro de Caracas en la que trabajó:

Independencia Guacaipuro

Línea en la que trabajó:

Independencia-Cerritos Guacaipuro-Independencia

1. ¿La **disponibilidad de materia prima** en la obra fue un factor a favor o en contra de la productividad de la misma? ¿Por qué?

La dificultad para conseguir materia prima es uno de los grandes desafíos del trabajo en Venezuela. Para cumplir con las metas es fundamental planificar y programar la compra, suministro y llegada de los materiales con bastante anticipo. Además de eso, hay que tener "plan B" para cada situación. No se puede confiar 100% en la logística de suministro e importación. Por otro lado, como toda dificultad, el problema de materia prima es una oportunidad para diferenciarse de las otras empresas.

¿En qué actividad o etapa del proyecto fue más evidente la influencia de dicho factor en la productividad de la obra? ¿Por qué?



Figura 6. Ejemplo cuestionario y aplicación grupo focal

Posteriormente se obtuvo la información detallada del día a día de la construcción de las estaciones a estudiar (Guacaipuro e Independencia), como la línea de metro que las une, mediante los Libros de Obra, estos libros se llevan diariamente y están compuestos por una serie de formatos los cuales llevan un control total del desarrollo del frente de obra, una de las partes es el registro de los factores que ocasionaron pérdidas de productividad en la jornada de trabajo información vital para esta investigación. Con esta información se generó una base de datos mediante la tabulación en Excel de los 2655 libros de obra a los que se tuvo acceso con el fin de identificar los factores que fueron evidenciados en esta fuente de información para posterior análisis, un ejemplo de los libros de obra se muestra en la Figura 7.

Se realizó una consulta exhaustiva en diferentes medios de comunicación y sitios web para identificar factores adicionales y poder establecer la base de datos con las que se analizaron y soportaron las relaciones entre factores y la productividad teniendo en cuenta las diferentes fuentes de información consultadas.

INSPECCIÓN LÍNEA 2 METRO LOS TEQUES

CONSORCIO LÍNEA II

FRENTE DE OBRA: Estacion Guaicaipuro

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :

LIBRO No.	1
PÁGINA No.	2
FECHA:	22-may-09
FERIADO:	NO

N° ACTIVIDAD Ó SUB - ACTIVIDAD	OBRA	Localización abcs/ejes	PARALIZACIÓN HORAS			HORAS ADICIONALES			PRODUCTIVIDAD %			
			1° Turno	2° Turno	3° Turno	1° Turno	2° Turno	3° Turno	1° Turno	2° Turno	3° Turno	
	g) Otros:											
Todas	- Se ha disminuido la producción al mínimo, por falta de recursos financieros, en este frente de obra a partir del 13/01/09	Est. Guaicaipuro prog. 0+694.66	9								0.00	
	- Verificación de Instrumentación											
	- Mantenimiento de las Instalaciones											

Solo se registraron las hojas N° 2, 7, 8

INDIQUE LAS HORAS LABORALES DEL DÍA	1° Turno	2° Turno	3° Turno
	9	7	7

FIRMA:

INSPECCIÓN LÍNEA 2 METRO LOS TEQUES
ING. Andres Valbuena
C.I. N° 11.993.031
C.I.V. N° 37.669

FIRMA:

CONSORCIO LÍNEA II
ING. EDUARDO GARCIA
C.I. N° 4.248.073
C.I.V. N° 115.767

Figura 7. Ejemplo Libros de Obra realizados por la contratista Odebrecht.

Se generó el modelo conceptual haciendo uso del software *Cmap Tools*, representando las relaciones encontradas entre factores y la afectación que generan a la productividad para posterior análisis de cada relación establecida y los resultados del modelo en general.

Como último paso se realizó el grupo focal de verificación, con el fin de confirmar la representatividad del modelo, realizar cambios pertinentes, corregir o agregar factores y las relaciones establecidas para garantizar un modelo lo más cercano a la realidad del proyecto bajo estudio.

Definición del método de estudio de caso

Un estudio de caso es el análisis intensivo de un asunto en particular a través de un periodo de tiempo específico. El uso de esta metodología permite la creación de nuevos modelos o teorías de gestión, ya que se analizan relaciones entre variables que se puedan estudiar a profundidad (Gibbert, Ruigrok, & Wicki, 2008).

Con esta metodología, los investigadores utilizan una serie de fuentes de datos para explorar un fenómeno en su contexto real (Yin, 2009). Las variables a estudiar dentro del caso de estudio se

analizan dentro de su contexto, ya que es este el que le da su razón de ser y por el cual se crea (Gibbert et al., 2008).

Al acoger el estudio de caso según la literatura cuando se realizan comparaciones de diferentes modelos, se toman casos que tengan características muy similares y es ahí donde se analiza los resultados, los cuales pueden mostrar similitudes en parte de su desarrollo y análisis.

Se han categorizado tres tipos de estudios de caso: un estudio de caso exploratorio que se utiliza para examinar las situaciones en las que la intervención que se evalúa tiene un conjunto único de resultados (Liu, Shahi, Haas, Goodrum, & Caldas, 2014) y además cuando se requiere construir nuevas teorías en donde no se tiene ninguna; un estudio de caso descriptivo describe el sujeto de investigación y su contexto de la vida real; y un estudio de caso múltiple ayuda a los investigadores a descubrir las diferencias entre y dentro de casos. La ventaja de los estudios de caso es que permiten a los investigadores a explorar los individuos o las organizaciones que utilizan intervenciones complejas, relaciones, comunidades o programas (Yin, 2009).

Argumentos para la escogencia del método

Los estudios de casos son una estrategia de uso frecuente en la gestión de proyectos (Rivas et al., 2011). En general, estos son la estrategia preferida para hacer frente a preguntas de investigación del tipo "cómo" y "por qué". Cuando el investigador tiene poco control sobre los acontecimientos, y cuando la atención se centra en un fenómeno contemporáneo dentro de un contexto de la vida real (Yin, 2009).

Para esta investigación se seleccionó el estudio de caso exploratorio por la posibilidad de la creación de nuevos modelos conceptuales para la comprensión del fenómeno analizado, ya que al generar un modelo enfocado al área de infraestructura se cubriría una brecha en el conocimiento pues no existe ninguno creado hasta el momento, a pesar que los modelos existentes para proyectos de edificaciones sirvan de referencia o proposición.

En la evaluación del estado del arte, se pudo concluir que no hay estudios de caso con respecto a construcción de metro específicamente, los estudios encontrados de productividad más cercanos a sistemas de transporte fueron en la construcción de autopistas, en los cuales se aplican métodos estadísticos y no estudios de caso como enfoque cualitativo de investigación (Liu et al.,

2014), por lo tanto el método de investigación es algo atípico en el área e innovador en este tipo de análisis de proyectos de infraestructura, más específicamente en la construcción de un metro y una línea de metro.

La naturaleza de la información y los objetivos planteados, la posibilidad de la realización de entrevistas a los diferentes actores del proyecto del metro de Caracas, son la razón principal para la escogencia del estudio de caso como método de investigación de este trabajo, como se puede ver en diferentes literaturas (Maqsoom, Charoenngam, & Awais, 2013) las entrevistas son fundamentales en esta metodología para la obtención de información válida y analizable en búsqueda de resultados reales.

Otro punto importante en la definición de la metodología de estudio de caso exploratorio, fue determinar con qué tipo de información se cuenta para desarrollar el mismo, para este caso se contó con datos históricos del proyecto, diarios, periódicos, revistas de la época, además de aportes, experiencias y opiniones de trabajadores del proyecto a nivel gerencial, técnico, administrativo y operativo, para así tener la posibilidad de contar con datos cualitativos en la recolección de datos, durante un periodo de tiempo específico y poder analizar el contexto o los diferentes factores que afectaban al desarrollo de la construcción en su momento (Liu et al., 2014).

Al ser esta una investigación con enfoque cualitativo, los métodos estadísticos no hacen parte del estudio, lo cual es algo atípico en estudios de ingeniería, se examinan a profundidad las perspectivas de las personas, se da gran importancia al entorno o contexto donde se desarrolla el proyecto, este es fundamental en el análisis de productividad ya que se evalúan los factores que la afectan como un todo, un ejemplo de esto podría ser el papel del gobierno, siendo la construcción del metro una obra pública este es un actor de vital importancia en su desarrollo. Por otro lado los cuestionarios exploratorios y grupos focales, son fundamentales en la recolección de información, estos últimos son esencialmente conversaciones o debates entre expertos o conocedores de un tema en común, en los cuales examinan a profundidad las opiniones y se establecen convergencias o divergencias en las apreciaciones para soportar las relaciones entre variables, sin caer en un método formal de encuestas o preguntas y respuesta, y

por último es en este tipo de obtención de información donde es la perspectiva de quien relata su experiencia lo que da la profundidad a los datos de análisis.

A continuación se dan a conocer los criterios, que se deben cumplir para llegar al nivel de rigurosidad requerida en la aplicación del método de estudio de caso:

Criterios de rigurosidad en el método de estudio de caso

La verificación de un estudio de caso es la cualidad que lo hace creíble y da testimonio del rigor con que se realizó. La verificación implica relevancia del estudio con respecto a sus objetivos, así como coherencia lógica entre sus componentes.

Los cuatro criterios que se utilizan comúnmente para evaluar el rigor de la investigación de campo y estudio de caso exploratorio (Yin, 2009): verificación interna, verificación del constructo, la verificación externa, y la confiabilidad (Gibbert et al., 2008). La verificación (que es el aseguramiento de la validez) comienza en el diseño de la investigación.

Verificación interna

Este criterio también se conoce como “verificación de la lógica”, y se refiere a la relación causal entre variables y resultados (i.e. variables independientes y dependientes). Sobre la base de este criterio se evalúa si un estudio ofrece un razonamiento lo suficientemente lógico para soportar las conclusiones de la investigación (Yin, 2009).

Es acá donde se buscó llegar a analizar la relación entre variables dependientes que para este estudio es la productividad y las variables independientes que son los factores que la afectan, como también posibles variables intermedias, las cuales con su descripción y posterior análisis lleva a identificar la afectación de la variable independiente.

Es importante explicar en este punto la **unidad de análisis** la cual define qué fenómeno se analizará, su elección depende en primera instancia de la pregunta de investigación ya que esta afecta el proceso de recolección de datos y análisis, la unidad de este estudio es el proyecto de la línea II del metro de Caracas.

Verificación del constructo

Para la verificación del constructo ⁵se tiene como base, la aplicación de la teoría de triangulación de Yin (2009) que permite a los investigadores verificar los hallazgos adoptando múltiples perspectivas, en donde se busca el análisis desde diferentes fuentes de información sobre un fenómeno en común, para poder tener una proyección global del por qué o el cómo del asunto a analizar, el cual permite establecer la fiabilidad de las relaciones e incidencias de los factores sobre la productividad y entre ellos.

Para esta investigación se cuenta con tres fuentes de Información:

- Datos históricos del proyecto (e.g. Actas de comité, Libros de obra, informes diarios de ejecución de obra, programaciones, documentos contractuales etc.)

Con esta información se pretende identificar los aspectos que generaron demoras o adelantos en la programación con respecto a la ejecución de las actividades, haciendo una reconstrucción del día a día en la obra. (e.g. Mantenimiento TBM, Condiciones climáticas, cambios diseño, instrucciones tardías etc.).

- Medios de comunicación (e.g. Periódicos, revistas, noticieros)

Con esta fuente se busca conocer el contexto del proyecto durante su construcción, temas que fueron noticia con respecto al mismo y posibles condiciones externas que pudieron afectar la normal ejecución de las obras.

- Juicio de expertos, entrevistas exploratorias en profundidad a diferentes actores del proyecto a nivel gerencial, técnico, administrativo y operativo con cuestionarios y grupos focales.

Esta fuente es de mucha importancia, ya que con ella se pretende conocer aspectos generales del proyecto, su ejecución, los inconvenientes presentados, partiendo de la información dada por el personal que estuvo involucrado directamente en la construcción del Metro en todos

⁵ Por Constructo debe entenderse teoría para comprender un problema determinado. (RAE, 2014)
Un *constructo* es un concepto. Sin embargo, tienen un sentido adicional, el de haber sido inventado o adoptado de manera deliberada y consciente para un propósito científico especial.

los niveles de jerarquía, lo cual garantiza confiabilidad de los datos obtenidos y veracidad de la información.

Con las tres fuentes de información ya mencionadas se va a realizar la triangulación de la información como se muestra en la *Figura 8*, la técnica de triangulación de las fuentes de datos, la cual es fundamental para el desarrollo de estudio de casos. Esta técnica consiste básicamente en la comparación de la evidencia encontrada en distintas fuentes de información sobre el mismo evento que se requiere analizar, o sobre la relación entre variables que se quiere encontrar (Páez, 2016).

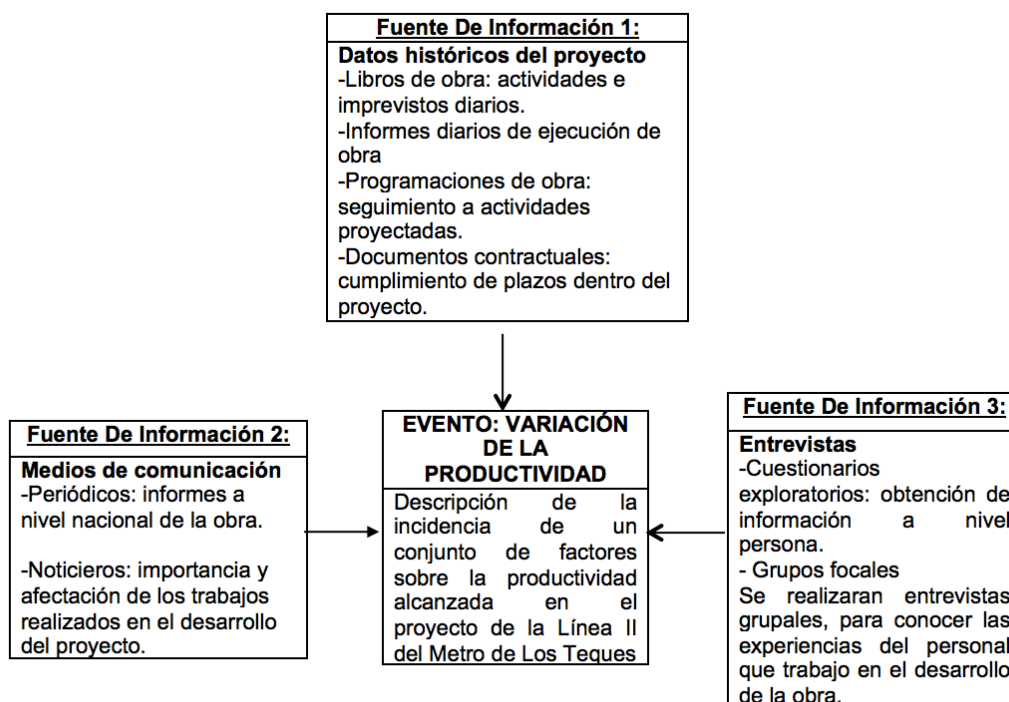


Figura 8. Esquema de Triangulación para describir un evento particular del caso de análisis

Respecto a los grupos focales, se considera que constituyen una buena técnica que aplica al caso de estudio para la obtención de información, especialmente en la verificación del modelo propuesto.

Los grupos focales son ante todo un método de investigación cualitativa, donde la discusión grupal se utiliza como un medio para generar entendimiento profundo de las experiencias y creencias de los participantes.

Se consideran como una buena técnica para obtener datos de investigación (Mella, 2000). Al igual que en cualquier proyecto de investigación, con grupos focales uno recolecta y analiza información de manera de poder responder una interrogante de investigación.

Son entrevistas de grupo, donde un moderador guía una entrevista colectiva durante la cual un pequeño grupo de personas discute en torno a las características y las dimensiones del tema propuesto para la discusión. Habitualmente el grupo focal está compuesto por 4 a 6 participantes, los que debieran provenir de un contexto similar, el equipo de investigación el cual trabaja durante el proceso focal partiendo desde un conjunto predeterminado de tópicos de discusión. El conjunto de datos e información que se extrae de la discusión grupal está basado en lo que los participantes dicen durante sus discusiones. Los grupos focales son básicamente grupos de discusión colectiva. Lo que distingue los grupos focales de cualquier otra forma de entrevista es el uso de la discusión grupal como forma de generar los datos (Mella, 2000).

Verificación externa

La generalización del estudio es la capacidad de la verificación del fenómeno analizado y más que esto sus resultados, con respecto a otro proyecto del mismo índole, realizar una comparación de los resultados obtenidos en esta investigación, es una gran limitante ya que el fenómeno a estudiar parte de un contexto que tiene una serie de particularidades respecto a otros analizados en estudios anteriores, y el modelo resultante se puede analizar y entender únicamente en dicho contexto. Pero si puede de alguna manera compararse con resultados obtenidos por otros autores para otro tipo de proyectos (edificaciones) en países con situaciones similares a las de Venezuela.

La posibilidad de generar una línea de investigación o base de la misma para proyectos de infraestructura, teniendo como método de investigación el caso de estudio exploratorio, se lograría un gran avance para análisis cualitativos en este tipo de proyectos, con la metodología usada la cual si es aplicable a otros casos.

Teniendo en cuenta el esquema de la Figura 9 propuesto por Nasirzadeh & Nojedehi, (2013), donde se muestran las etapas para la generación de modelos de simulación para productividad laboral, se establece el alcance del presente estudio, que abracará la primera etapa, pasos 1 y 2, se identificarán los factores y se presentará una propuesta de modelo cualitativo o conceptual, debido a la complejidad del proyecto a analizar, la cantidad de información a procesar y la falta de otro tipo de datos para llegar a la modelización cuantitativa, simulación y análisis de sensibilidad, dejando estos puntos posteriores (Pasos 3, 4 y 5) para el trabajo de futuras investigaciones,

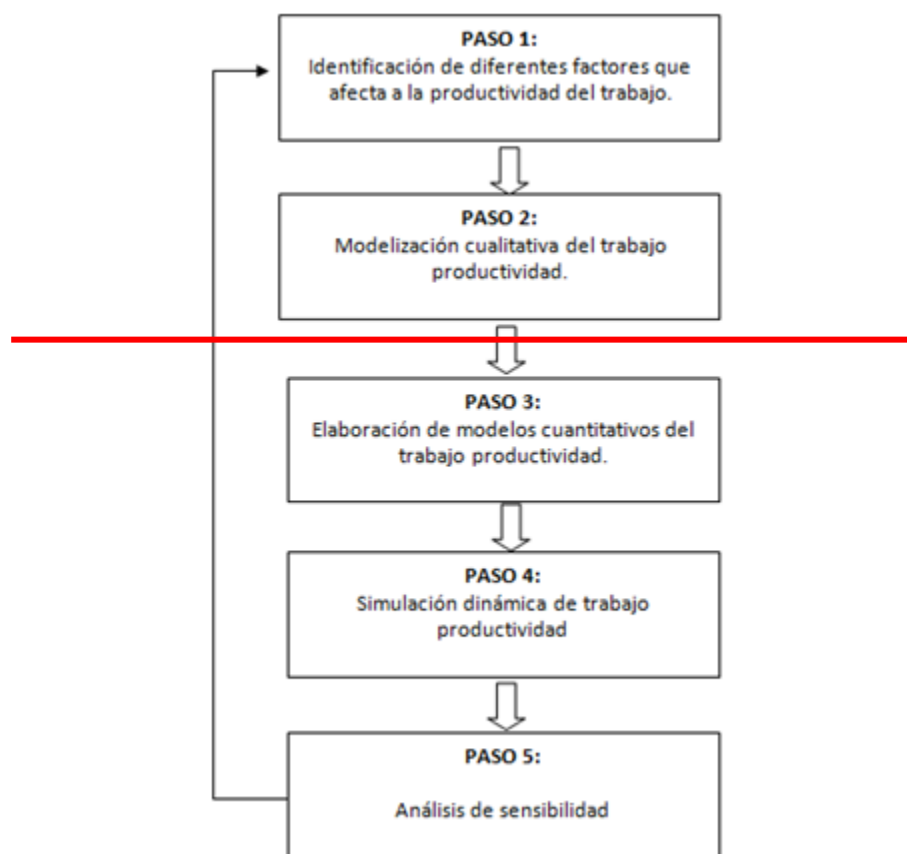


Figura 9. Etapas para generación de modelos de simulación de productividad del trabajo.
(Nasirzadeh & Nojedehi, 2013)

La dinámica de sistemas (SD) introducidas por Forrester (1961), es un objetivo orientado a la metodología de simulación que permite modelar sistemas complejos, considerando todos los factores que influyen, este enfoque proporciona un método riguroso para la descripción,

exploración y análisis de sistemas complejos. Un sistema dinámico es un sistema en el que las variables interactúan para simular los cambios a través tiempo (Nasirzadeh & Nojedehi, 2013) .

La técnica de SD maneja la retroalimentación del factor a analizar y de sus sub factores, con esto se puede representar sus relaciones con esto se, determina la dinámica del sistema. Varias herramientas de diagramación se utilizan en la dinámica del sistema para capturar la estructura de los mismos, incluyendo diagramas de ciclos causales. A cada relación de causalidad se asigna una polaridad, ya sea positivo o negativo para indicar cómo la variable dependiente cambia cuando se presentan cambios de las variables independientes.

Los modelos conceptuales cualitativos de la productividad del trabajo se construyen utilizando las relaciones de la causa y el efecto y la retroalimentación entre las variables del modelo, por esta razón la compleja estructura interrelacionada de los diferentes factores que afectan la productividad laboral es modelada utilizando el enfoque de dinámica de sistemas (Nasirzadeh & Nojedehi, 2013).

Este enfoque es de gran alcance en el suministro de soluciones analíticas para sistemas complejos y no lineales. La mayoría de los proyectos se ven limitados por el presupuesto tradicional, que tiene poca relación con la reducción de las deficiencias de producción como un objetivo estratégico. Para superar esta limitación, los impactos de las diferentes dinámicas de comportamiento y posible mejora se pueden analizar por medio de las estrategias sobre el desempeño de la construcción, a través de una serie de estudios de grupos focales en profundidad, semi-estructurados, estudios de entrevistas, estudios de casos y simulaciones de modelos (Wan, Kumaraswamy, & Liu, 2013).

Para este caso toda la información obtenida de las diferentes fuentes de información es sistematizada y tabulada con el fin de establecer tendencias del comportamiento de los factores y su relación con la productividad. No siempre una relación positiva (a favor) o negativa (en contra) entre factores se cumple, pueden aparecer factores intermedios que hagan que dichas relaciones cambien su polaridad o sentido, pero al analizar el proyecto como un todo se puede

llegar a representar gráficamente el modelo conceptual lo más cercano a lo ocurrido en la mayoría del tiempo de estudio.

Confiabilidad

Se dejará acceso total a la información analizada en el presente estudio en el link <https://www.dropbox.com/sh/gzz712iwv9imr73/AADYv4cvnbk2ENJV0Cz1FYDpa?dl=0> para futuras investigaciones del mismo tipo, ya que se podría inferir que en futuros estudios que se puedan desarrollar con respecto a infraestructuras (construcción de metro), se obtendría el mismo resultado si se siguen los mismo pasos que se llevaron a cabo en esta investigación para la recolección de información. Lo anterior con el fin de garantizar la confiabilidad en el manejo de la información y evitar cualquier tipo de sesgo en los resultados obtenidos.

Capítulo III: Caso de Estudio: Ampliación del Metro de Caracas

Como se ha mencionado anteriormente, para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se realizó una revisión de literatura exhaustiva con el fin de conocer el estado del arte en el tema de productividad en la construcción y la existencia de estudios en el área de infraestructura, dentro de las brechas identificadas en dicha revisión, se tiene que pocas investigaciones se han realizado sobre: los factores que afectan la productividad en proyectos de construcción especialmente en países latinoamericanos. Sólo se encontraron pocos estudios desarrollados en Chile (Rivas et al., 2011), (Monzón, 2009) y México (Alpuche, 2004), la implementación de técnicas para identificar, analizar y clasificar sistemáticamente dichos factores (Rivas et al., 2011) e interrelacionarlos por medio de modelos conceptuales que permitan analizarlos en conjunto, pues muchos estudios evalúan el impacto de un solo factor (Nasirzadeh & Nojehdehi, 2013), y finalmente la falta de aplicación de dichos estudios a obras de infraestructura (e.g. puentes, túneles, represas, viaductos, carreteras, etc.).

Por estos motivos, el caso de estudio seleccionado es el proyecto de ampliación del metro de Caracas, Venezuela, específicamente la construcción de la Línea II del Metro de los Teques, el cual se enmarca en el área de infraestructura en ingeniería.

Antecedentes y descripción general del proyecto

El Metro de Caracas es el sistema de transporte más importante de la ciudad capital de Caracas. Se desarrolló a mediados de los años cuarenta, para poder cubrir las necesidades de movilización de los ciudadanos y actualmente consta de 4 líneas en total funcionamiento y una quinta que se encuentra en construcción. El metro se combina con una red alimentadora de transporte superficial denominado Metro-bus, un sistema de autobuses que parten de las estaciones y complementan el servicio permitiendo llegar a sectores donde el metro no tiene cobertura directa. A este binomio se le conoce con el nombre de Sistema Metro-Metrobús (Metro Caracas C.A., 2016b).

El proyecto de metro en Caracas tuvo sus comienzos en el año de 1947, cuando esta ciudad no tenía más de medio millón de habitantes; es este año donde se contempla la idea de

construir un metro para la ciudad capital. Se encontró que el origen del metro de Caracas tiene alrededor de 50 años, esta idea se originó por la necesidad de un sistema masivo en la ciudad capital, para esta propuesta se presentaron dos empresas francesas, este tipo de sistema fue la respuesta a la congestión en el sistema de transporte urbano en los años de 1967, esto se da como respuesta a una serie de estudios los cuales respaldaban la construcción del sistema masivo de transporte metro como solución.

En el año de 1968 se contrató a las empresas Parsons, Brinckerhoff, Quade & Douglas de Nueva York y Alan M Voorhees de Washington para la elaboración del proyecto del Metro de Caracas. En los años siguientes 1969 al 1973 se realizaron expropiaciones para la construcción de las líneas 1 y línea 2, posteriormente es en 1973 cuando se abre la licitación para la primera estación de metro que se construye en el país, la de Agua Salud.

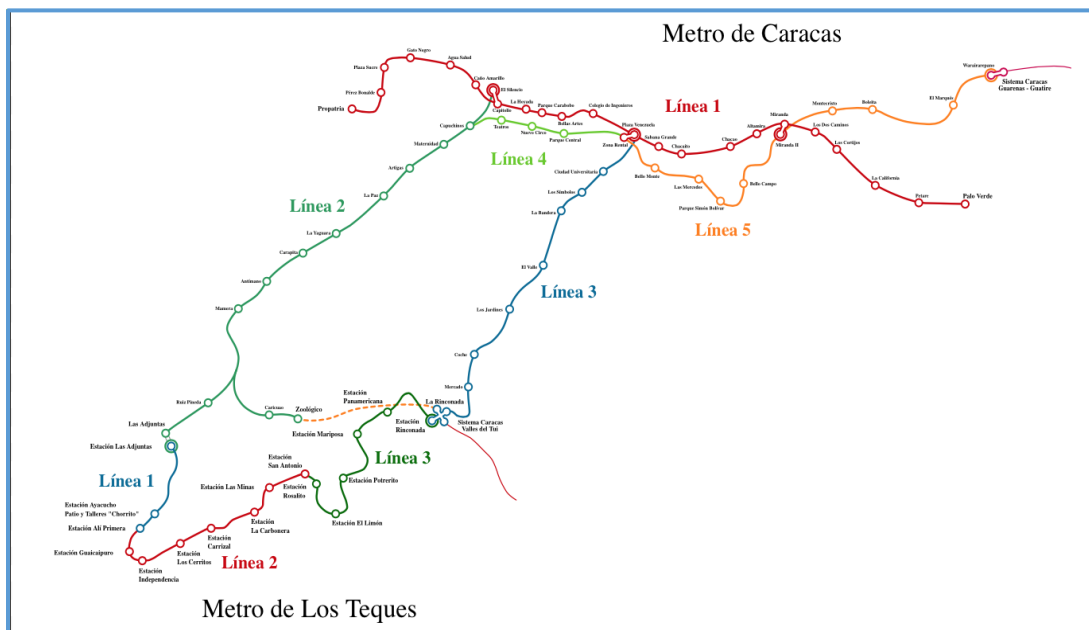


Figura 10. Esquema total de la magnitud del Metro de Caracas y Los Teques (Metro Caracas C.A., 2016a)

La empresa pública de Metro de Caracas se creó en 1977, con la cual se buscaba independencia de este sistema y sus obras a realizar del gobierno central. En 1983 se inauguró la Línea 1 para el uso del público con una longitud total de 6,7 km, como cierre hasta la fecha se tiene en construcción la Línea 5 la cual conectaría otro sector de la ciudad capital, como sistema

de metro complementario se construye la Línea II, la cual conecta con las ciudades satélites y la ciudad capital Los Teques, la cual es el departamento más importante anexo a Caracas (Nuestro Metro, 2016).

En la Figura 10 se puede ver todas las líneas antes mencionadas, como también la unión de las líneas que prestan su funcionamiento a Caracas y como se unen con las que trabajan en Los Teques, como se puede ver en la Figura 11 la ubicación de la ciudad de Los Teques es una ciudad que se encuentra entre montañas, lo cual hace que sus vías de acceso no sean las más adecuadas para la cantidad de tráfico que se maneja entre ciudades, por lo que la construcción de una línea de metro que conectara con la ciudad capital eran de vital importancia.



Figura 11. Esquema de ubicación de la Ciudad de Caracas con Respecto a la ciudad de Los Teques.
(Google Maps, 2016)

Metro Los Teques: Descripción general

La Línea II de Metro Los Teques tiene aproximadamente 13 kilómetros de recorrido, con siete estaciones: Guaicaipuro, Independencia, Los Cerritos, Carrizal, La Carbonera, Las Minas y San Antonio. Este Sistema de Transporte Masivo en Los Altos Mirandinos permitirá movilizar a más de 140 mil pasajeros diariamente, con un tiempo estimado de 16 minutos para el recorrido

(Odebrecht, 2014). La Línea II del Metro de Los Teques más específicamente las estaciones Guaicaipuro e Independencia y la línea de metro que las une, fueron las se tomaron para esta investigación, esto se debe principalmente a la posibilidad de acceso de información de este tramo de la línea, como también la posibilidad de delimitar el alcance del estudio, ya que la Línea II completa consta de 6 estaciones, de las cuales solo las estaciones que se tomaron se han construido en su totalidad.

El tipo de contrato que maneja Odebrecht, la empresa brasilera que está realizando este proyecto, es un contrato directo con la entidad pública Metro de Caracas, la cual maneja pagos sobre cantidades ya realizadas, en el país (Venezuela), no se maneja anticipos por obras a realizar, si no se cobra por lo ya construido, la empresa contratista maneja hojas de medición en las cuales se contempla por periodos de tiempo los m³ de excavación realizados en este caso por la TBM (*Tunnel Boring Machine*) que es la máquina tuneladora con la cual se excavan las líneas de metro, con estas hojas el contratista realiza la cuantificación del trabajo realizado al mes y puede generar los cobros a la entidad pública, dueña del proyecto. La empresa contratista (Odebrecht) maneja un 70%, de sus obras adicionales por el modelo de subcontratación de las mismas, ya que es una forma de poder controlar mejor este tipo de obras, en las cuales se podría necesitar especialistas en cada tipo de labor, sea reubicación de servicios, colocación de sistemas contra incendio dentro de los túneles, entre otros. Por lo que se tiene un gran número de empresas medianas y pequeñas, siendo actores constantes dentro del desarrollo y planificación de la construcción de una línea de metro y una estación.

En diferentes diarios Venezolanos, como El Nacional y Su noticiero, se pudo conocer que durante la construcción de las diferentes etapas del proyecto de metro en Caracas, se evidenciaron diferentes factores que tuvieron incidencia dentro del desarrollo normal de la obra, como viviendas aledañas con averías (grietas, rompimiento de cerámicas de pisos, descuadre de marcos de puertas, etc.), como también re trabajos de actividades por falta de planificación previa y afectaciones en la movilidad de las vías cercanas a las construcciones de las estaciones de la línea en la cual se está trabajando, lo anterior son ejemplos de factores que afectan la productividad en el transcurso del proyecto, los cuales se presentaron en diferentes etapas de construcción de metro de Caracas.

Línea II: Estación Guaicaipuro e Independencia:

Estas son dos de las 6 estaciones que conforman la línea II del metro de los Teques, la estación Guaicaipuro fue la primera en inaugurarse en el año 2012, dicha estación está conectada con la estación Cecilio Acosta, la primera estación puesta en servicio de ésta la línea de metro, estas dos estaciones están unidas mediante una línea de longitud de 0,70 km la cual llega a una de las zonas más pobladas de la ciudad, ubicada en el centro de los Teques. La estación Guaicaipuro se inauguró en el año 2012 conectando el centro de la ciudad de los Teques con una longitud de 1km entre Guaicaipuro e Independencia, liberando así el tránsito peatonal en el centro de los Teques en el cual se tiene también la estación de autobuses para la capital del país, esta estación posee 4 pisos, como estructura principal, un piso de mezanina y sus respectivos andenes para el ingreso a los vagones del metro, esta estación no posee cambia vías.

“Está localizada en el km 25 en la redoma La Matica del centro de la ciudad de Los Teques, la capital del estado Miranda, al centro norte de Venezuela. Se estima que beneficia a 38 mil personas que diariamente podrían usarla para trasladarse hasta la ciudad de Caracas u otras partes de Los Teques” (C.A. Metro Los Teques, 2016).

La estación Independencia tiene como principal característica distintiva su cúpula central construida con cristal que permite la entrada de luz natural a la estación y el ahorro de energía eléctrica. Además de su sistema de ventilación ecológico que aprovecha las corrientes de aire naturales. La estación tiene 5 pisos en los cuales hay un serie de accesos peatonales con escaleras eléctricas para mayor movilidad, a parte se tiene un nivel de Mezanina en el cual hay una serie de comercios para el uso de los transeúntes, el área de la estación es de 1000 m²/c piso, en la parte inferior se despliegan una serie de andenes de 180m * 7,20 m y un cambia vías 180m * 18m, este cambia vías constituye una serie de rieles en los cuales se re direccionan dentro de los sótanos de la misma estación. Como cierre de las estructuras que conforman la estación se encuentra el edificio técnico de Metro el cual se concibió solo para el uso de la empresa dueña del proyecto, es un edificio de oficinas para el personal encargado de la operación del metro. En la Figura 12 se muestra el esquema del proyecto de Metro Los Teques.



Figura 12. Esquema Metro Los Teques (SIBCI, 2013)

El trabajo de investigación del presente estudio, se basó específicamente en la construcción del tramo que une las estaciones de Guacaipuro e Independencia, teniendo en cuenta las razones anteriormente expuestas.

La productividad que se debe tener en este tipo de proyectos es de interés nacional, es un factor de gran importancia, debido no solo a las afectaciones que se tiene en las zonas de construcción durante su desarrollo, ya que afectan el libre tránsito vehicular, se tiene expropiaciones de diferentes estructuras para el avance de la obra, sino que también es una fuente de trabajo para las zonas en las cuales se realiza el proyecto, es por esto que se debe ver como un todo a la hora de analizar la productividad. Los factores que se relacionan en la afectación de la productividad, se pueden empezar a analizar por el tiempo que toma la compra o expropiación de terrenos adyacentes a las estaciones de metro hasta la llevada a obra de estructuras o suministros específicos, un buen ejemplo de esto se pudo evidenciar durante las entrevistas preliminares de este estudio, en donde el director de topografía, comentó que en la Estación Independencia se tuvo que comprar un terreno de gran área, que funcionaba como concesionario de carros y estas negociaciones tomaron mucho más tiempo de lo planeado afectando así los comienzos de las obras en esa estación, casos como estos son algunos de los ejemplos que se puede colocar cuando se analiza la productividad en un proyecto de construcción y no centrarse en una actividad a realizar específicamente, cosa que en el caso de estudio sería casi imposible debido a lo particular del entorno en la cual se desarrolló.

Método constructivo

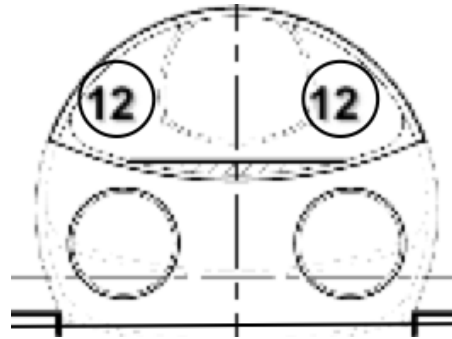


Figura 13. Corte de Excavación de estación.

En la Figura 13 se puede observar un corte típico de una sección de una estación de metro, donde se distinguen los dos túneles por donde transitan los vagones, uno por cada sentido, el acceso peatonal superior, donde posteriormente se construirán una serie de escaleras para que lleguen a nivel de andén, en donde los usuarios esperaran los vagones según sea la ruta que deben tomar, este tipo de ensanchamiento solo se realiza cuando se tiene estaciones, los tramos de conexión solo constan de la sección por donde pasan los vagones. El diámetro de las TBM en los túneles de la Línea II de metro de Los Teques es de 5,85m cada una, son equipos que trabajan de forma independiente una de otra, en las estaciones se maneja una metodología de vaciado con grandes encofrados metálicos para sus acabados, colocando una cuantía elevada de acero para reforzar la bóveda superior y losas finales, lo anterior implica un gran número de trabajadores en estas actividades en espacios confinados (Gran cantidad de mano de obra) *Figura 14.*

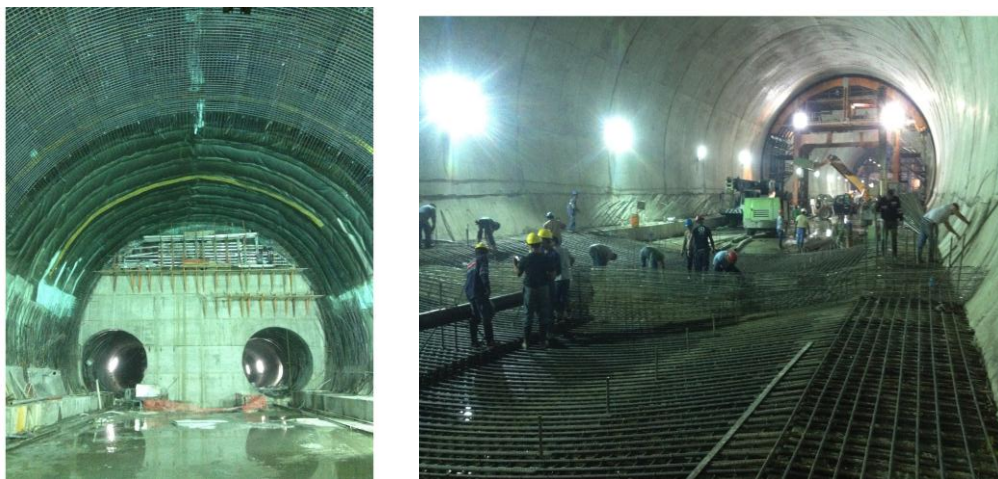


Figura 14. Construcción de bóveda para andén de acceso peatonal.

Capítulo IV: Análisis de información y Resultados

Identificación de factores que influyeron sobre la variación de la productividad del proyecto

En la búsqueda de generar un modelo conceptual que muestre gráficamente la estructura interrelacionada entre los factores más importantes que afectan la productividad y que permita comprender el fenómeno de su variación en proyectos de infraestructura como la creación de un metro, es fundamental la identificación de dichos factores que generaron variaciones representativas durante el desarrollo del proyecto en estudio, determinar la existencia de los mismos, la afectación que generaban y como se relacionan entre sí, para lo cual fue determinante realizar un análisis detallado y concienzudo de las fuentes de información a las que se tuvo acceso.

Teniendo en cuenta la importancia de la veracidad de la información como una garantía que el estudio se desarrolle en un marco real y que se llegue al cumplimiento de los objetivos con resultados confiables, se contó en el desarrollo de la investigación con el suministro de la información necesaria el cual fue avalado mediante autorización escrita emitida por el gerente de producción del Consorcio Línea II al inicio del estudio, hubo acceso a los libros de obra de las estaciones Guaicaipuro e Independencia los cuales se diligencian a diario y hacen las veces de la bitácora de obra, donde se registran los equipos, personal, actividades ejecutadas en el día, principales motivos de paralización entre otros; además de la participación de varias personas que laboraron en el proyecto quienes aportaron experiencias importantes y el acceso a varios medios de comunicación y noticias que permitieron construir el modelo que se presentará más adelante.

En primera instancia, se acudió a la fuente de información correspondiente al juicio de expertos, en la que establecer la cantidad de sujetos invitados a participar del estudio no fue tarea fácil dado que es un proyecto que ya finalizó y que se desarrolló en otro país, pero teniendo en cuenta que para determinar el tamaño de la muestra en una investigación de enfoque cualitativo, no hay criterios ni reglas firmemente establecidas y que estas se determinan con base a las necesidades de la información y a los objetivos del estudio, además, acudiendo al principio guía

de muestreo de la saturación de datos, es decir, hasta el punto en que ya no se obtiene nueva información y esta comienza a ser redundante y en la que más que representatividad estadística, lo que se busca en este tipo de estudios es representatividad cultural, la cual no radica en la cantidad de las muestras sino en las posibles configuraciones subjetivas (valores, creencias, vivencias, motivaciones) de los sujetos con respecto a un objeto o fenómeno determinado (Monje, 2011), en este estudio se contó con la participación de personas que hicieron parte activa del proyecto y conocieron su día a día, por eso el interés se centró en identificar a los “informantes-clave”, aquellos miembros que se destacan por su conocimiento en profundidad del contexto estudiado (Rodríguez et al., 1996), en este caso personal que laboró en el proyecto, con cargos de diferente rango para conocer su punto de vista, opinión y experiencia, con el fin de tener perspectivas diversas del fenómeno a evaluar, lo que garantiza la calidad y diversidad de la información más allá de la cantidad.

Para iniciar el estudio se realizaron tres entrevistas exploratorias en las que participaron el director de topografía, un ingeniero de planta y un ingeniero de producción; con este primer acercamiento se conoció a modo general el desarrollo del proyecto además de tener una perspectiva inicial de las posibles causas de paralizaciones de las obras como una primera identificación de factores.

Al analizar dichas entrevistas, se extrae una serie de factores preliminares los cuales fueron claves para la elaboración de un cuestionario con 15 preguntas abiertas que se aplicaron a trece personas que laboraron en el proyecto, algunos con el contratista principal consorcio Línea II conformado por la multinacional brasilera Odebrecht y una de las empresas de construcción más grandes de Venezuela, Vinccler C.A; el subcontratista encargado de la construcción de las estaciones, Ociven C.A, el subcontratista encargado de la reubicación de servicios públicos, Constructora Manda C.A. y el subcontratista de acabados, Branfor. En la Tabla 2 se relacionan las personas que participaron con su cargo y empresa para la que trabajaron:

N°	Nombre	Cargo	Empresa
1	Antonio Hora	Gerente de producción	Consortio Línea II (Odebrecht)
2	David Abilleira	Director de Obra	Construcciones Ociven C.A
3	Jesús Jeanty	Residente de Producción	Constructora Manda C.A
4	Leonel Cárdenas	Residente de Producción	Consortio Línea II (Odebrecht)
5	Juan Alberto Rovira Guash	Coordinador Técnico	Construcciones Ociven C.A.
6	Ángel David Hidalgo	Maestro de obra	Construcciones Ociven C.A.
7	Alirio Yepes	Maestro de obra	Construcciones Ociven C.A.
8	Jani Matos	Maestro de obra	Construcciones Ociven C.A.
9	Rafael Añez	Maestro de obra	Construcciones Ociven C.A.
10	Néstor Goudez	Maestro de obra	Branfor
11	Arcenio Daniel Villadiego	Ayudante de obra	Construcciones Ociven C.A.
12	Ever Viloría	Ayudante de obra	Construcciones Ociven C.A.
13	Danys Javier Brusco	Ayudante de obra	Construcciones Ociven C.A.

Tabla 2. Personal aplicación cuestionarios

Las preguntas estaban orientadas a conocer la afectación que para ellos generaron ciertos factores, sí estos a su criterio estuvieron a favor o en contra de la productividad, por qué razón, en que etapas del proyectos fue más evidente dicha afectación, además de sugerir factores adicionales para incluir en el estudio y personas que consideraban importantes invitar a participar en la investigación. Los factores incluidos en el cuestionario a manera preliminar fueron: Disponibilidad de materia prima, rediseños, Espacios de trabajo, papel interventoría, condiciones del terreno, demora en pagos, presión política, factor sindical y modelos de contratación, cantidad de subcontratistas, ausentismo del personal obrero, factor Social – Comunidad (Paros, manifestaciones, marchas, procesos compra de terrenos, reclamaciones), nuevas tecnologías, experiencia del personal.

Teniendo en cuenta que en la mayoría de las respuestas obtenidas en los cuestionarios, la afectación de los factores se enmarcó en términos generales en todas las etapas de la construcción además del tipo de información de las demás fuentes que se verán más adelante, se decidió realizar el análisis de la variación de la productividad a nivel de proyecto y no de actividad, esta entendida como el coeficiente de rendimiento que relaciona la productividad

esperada con la real, y la cual se ve afectada por paralizaciones representativas en la ejecución de las labores.

Por último, dentro de esta fuente de información, para la etapa de identificación de factores, se realizó un grupo focal con cuatro participantes : un ingeniero de producción, un residente de obra, un maestro de virola (i.e. Formaleta para el recubrimiento de túneles de estaciones) y un maestro de armado de acero , siguiendo la metodología de los grupos focales, se encaminó la discusión a debatir con estos expertos las preguntas aplicadas en los cuestionarios, se encontraron coincidencias y divergencias en los puntos de vista de cada uno cuyas opiniones y aportes serán evaluados más adelante en el análisis de las relaciones que dieron origen al modelo conceptual, también en esta discusión se pudo corroborar que los factores identificados inicialmente sí existieron en el transcurso del proyecto aunque a lo largo de la investigación fueron teniendo algunos cambios en su denominación e interpretación, se incluyeron y dividieron otros, cambios que se analizarán más adelante en la explicación de la construcción del modelo conceptual.

Como segunda fuente de información, fueron suministrados los archivos digitales de los libros de obra de las estaciones Guaicaipuro e Independencia, se realizó el análisis de un total de 2655 libros de obra, 2120 y 535 respectivamente, comprendidos entre el año de 2008 y 2015. Los libros de obra representan una de las fuentes de información más confiables de analizar, pues se elaboraban diariamente, se consignaban todos los datos de la ejecución de actividades, además de ser revisados y avalados por la interventoría para garantizar su congruencia con la realidad (Ver Anexo Base de datos Factores identificados en Libros de obra). Estos documentos constan de 6 hojas denominadas así: Condiciones meteorológicas que afectan las obras a cielo abierto, otras paralizaciones o pérdidas de productividad, actividades ejecutadas, mano de obra, equipos y registro fotográfico.

A partir de la revisión y análisis de cada uno de los libros de obra, se realizó una base de datos donde se registraron los factores que se presentaban en cada uno generando paralizaciones y eran motivo de retrasos y pérdidas de productividad en la ejecución de las obras y las razones por las que se presentaban para tener un acercamiento a la relación entre ellos, los factores que se identificaron en estos documentos fueron: lluvias y/o inundaciones, espacios de trabajo,

obstrucciones o reubicación de servicios públicos, obras complementarias extras o rediseños, suspensión ordenada por interventoría, condiciones geológicas no previstas y/o adversas, condiciones sindicales, verificación de instrumentación, demora en pagos (financiación), paros manifestaciones marchas, fallas mecánicas en equipos, disponibilidad de materiales (Ver Anexo Base de datos Factores identificados en Libros de obra).

Finalmente el proceso de identificación se realizó con diferentes medios de comunicación, noticias, sitios web, revistas, periódicos, para corroborar la existencia de algunos de los factores, pero dicha revisión se realizó más en detalle para la etapa de construcción de las relaciones y triangulación de la información que se presentará en la siguiente sección.

Como resultado final y luego de hacer la verificación del modelo conceptual propuesto mediante un nuevo grupo focal, que corresponde a la etapa final del estudio y que se ampliará en detalle sus resultados en dicha sección, los factores que se incluyeron en el modelo son los que se muestran en la

Tabla 3.

Tabla 3. Factores identificados

N°	Factor	N°	Factor
1	Sindicatos	11	Papel del gobierno
2	Subcontratación	12	Demora en pagos al contratista
3	Modelos de contratación	13	Manifestaciones protestas
4	Rediseños	14	Condiciones adversas del terreno
5	Espacios de trabajo	15	Interventoría
6	Experiencia del personal	16	Presión al cronograma
7	Nuevas tecnologías	17	Baja Calidad
8	Paro de trabajadores	18	Disponibilidad de materiales
9	Ausentismo	19	Re trabajos
10	Demora en pagos al trabajador		

Construcción del modelo conceptual: Interrelación de factores

En esta etapa de la investigación, se construyó el modelo conceptual gráfico, donde se busca plasmar las relaciones que existen entre factores y a su vez con la productividad. Se define como modelo conceptual a la herramienta gráfica o narrativa, que explica las principales cuestiones (factores, constructos o variables) que se van a estudiar y las posibles relaciones entre ellas (Rodríguez et al., 1996).

El análisis detallado de las diferentes fuentes de información se realiza en este punto, ya que deben identificarse las coincidencias y diferencias entre los hallazgos en cada una de ellas respecto a la relación que se esté evaluando, pueden existir relaciones directas con la productividad, la aparición de factores intermedios que generan la existencia de otro y que hagan que las relaciones cambien. Es importante resaltar que además de recopilar las evidencias necesarias para triangular la información, se introduce en esta etapa el enfoque interpretativo que caracteriza las metodologías de tipo cualitativo, en el que la teoría y los constructos no están tan claramente definidos y se van perfilando a medida que el proceso de la investigación va avanzando (Cepeda, 2007).

Para mayor comprensión del lector se presenta inicialmente el modelo conceptual propuesto definitivo el cual se muestra en la Figura 15 y posteriormente se desarrollará el análisis de cada uno de los factores y sus diferentes relaciones.

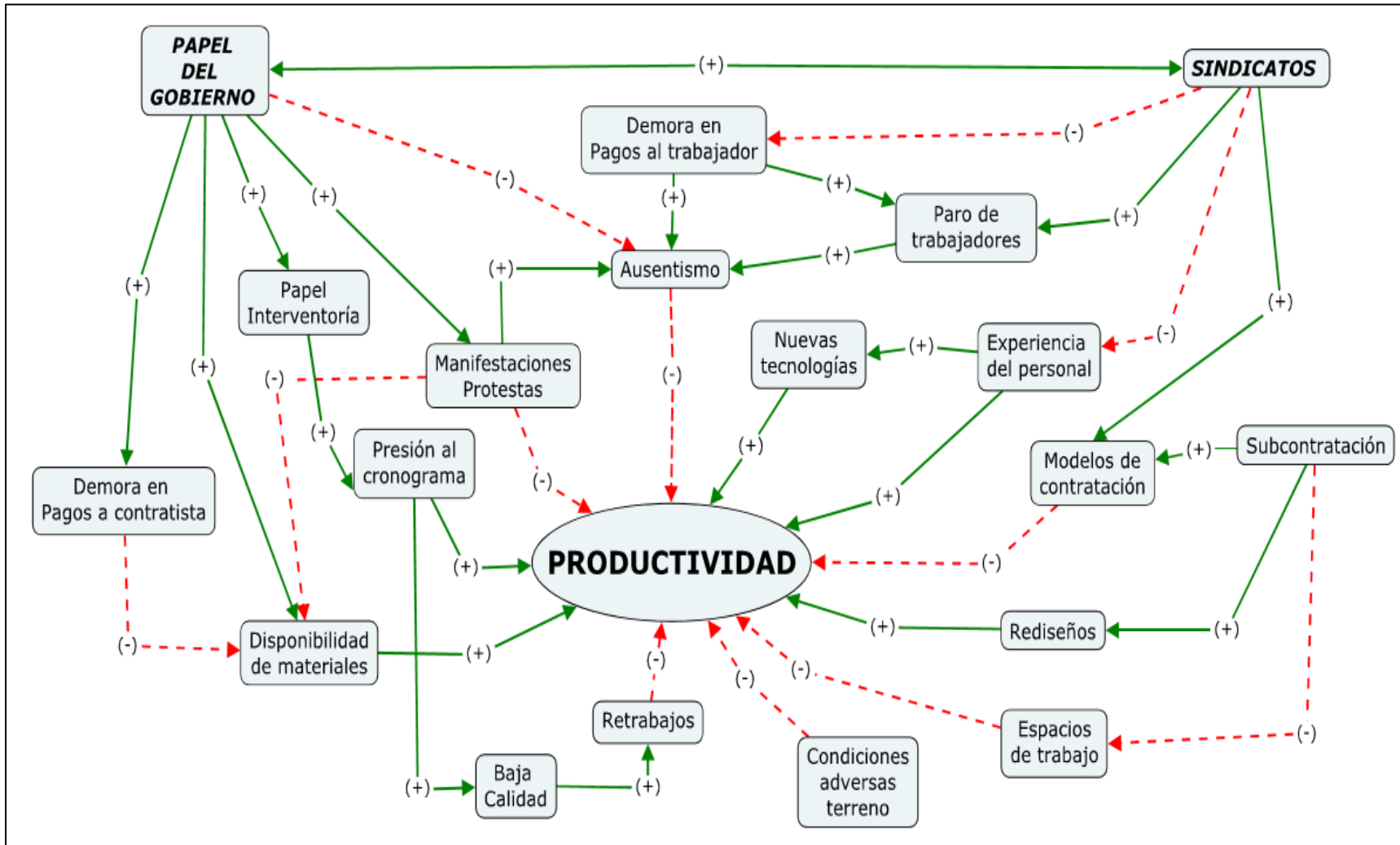


Figura 15. Modelo conceptual propuesto para el análisis de la productividad

El modelo conceptual construido y que fue elaborado con el software *Cmap Tools*, es el resultado principal de esta investigación, se identificó claramente que los factores se enmarcan en dos zonas importantes. De una parte, se tuvo el factor sindicatos, y de otra el papel del gobierno, pues de ellos emergen y se establecen la mayoría de relaciones del modelo teniendo en cuenta la importancia que representan en el contexto del caso de estudio. Además, de ser los actores fundamentales en la existencia de muchos de los otros factores en análisis y a su vez en la variación de la productividad. Se establecieron un total de 35 relaciones en las que se identifican claramente con el signo positivo (+) y línea continua color verde aquellas que están a favor de la existencia del factor al que emerge la relación y con el signo negativo (-) y línea discontinua color rojo los que están en contra.

Las relaciones positivas y negativas representan la afectación generada entre factores y la productividad. Cuando se realiza el análisis entre un factor directamente con la productividad, esto significa que dicho factor está a favor (aumenta) o en contra (disminuye) de la misma, por ejemplo la presión al cronograma generada por el papel del gobierno para la inauguración pronta de la obras, genera un aumento considerable de la productividad. Pero si se analizan las relaciones entre factores intermedios, la relación positiva significa que un factor genera la aparición del otro factor y la negativa que hace que no se presente el siguiente. Continuando con el ejemplo de la presión al cronograma, está hace que se presente el factor baja calidad que a su vez genera re trabajos los cuales disminuyen considerablemente los niveles de productividad, en el caso de la relación negativa entre factores se tiene el ejemplo de la demora en pago a contratistas que genera que no haya disponibilidad de materiales.

A continuación se presentarán los análisis de cada uno de los factores que tienen relación directa con la productividad y a su vez todas las relaciones que hay entre ellos:

Productividad Vs Disponibilidad de materiales

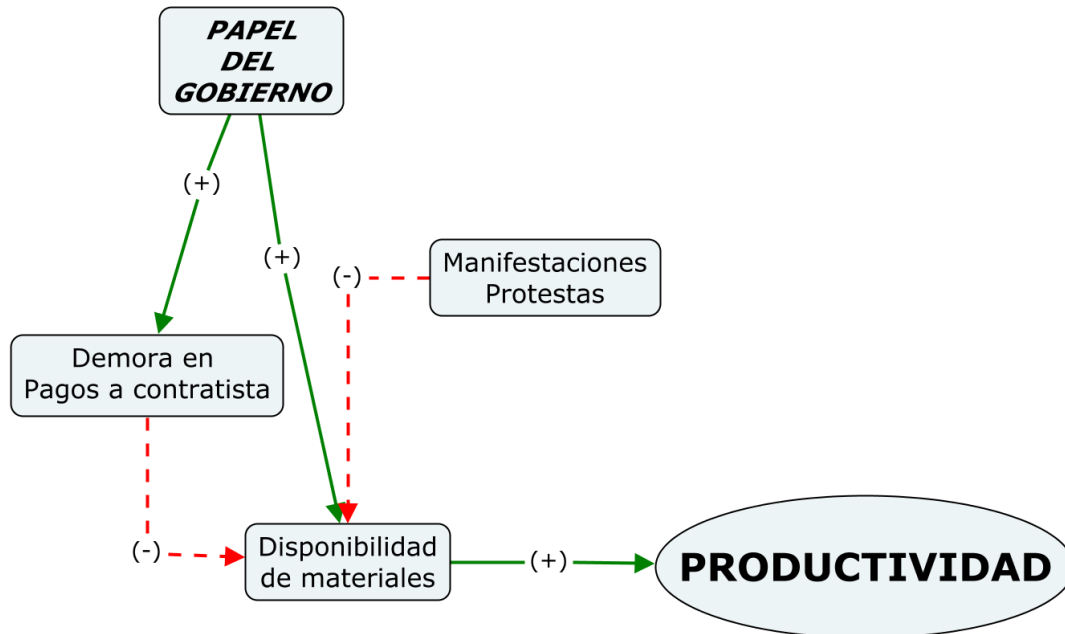


Figura 16. Relación Productividad vs Disponibilidad de Materiales

A continuación se explicarán los factores que se relacionan con el factor disponibilidad de materiales y el tipo de relaciones que entre ellas se crearon Figura 16.

Papel gobierno: Por ser una obra emblema del gobierno, la materia prima era vital en el desarrollo de este tipo de proyectos de carácter público, razón por la cual la prioridad de suministro siempre se daba para el metro.

Disponibilidad de material: Como se pudo ver en los medios de comunicación (Figura 17), la materia prima como el cemento solo llega a las estaciones de metro, a pesar que el desabastecimiento en el país era grande y este material faltaba en muchas otras obras, para el proyecto la prioridad en el suministro fue notoria.



Figura 17. Noticia sobre Disponibilidad de Materiales (Diario El Avance, 2014b)

A pesar de la presión que se generaba para la terminación de dichas obras, se tenía momentos en la obra donde no se tenía avance por falta de material, ya que la situación del país en el nivel de suministro de materiales de obra es bastante precaria, lo anterior en cuanto a insumos menores pero no fueron paralizaciones representativas.

Demora de pagos al contratista: A disponibilidad de materiales llega de forma negativa la demora de pagos a subcontratistas, a pesar que la última modalidad de contratación para subcontrato con Odebrecht, contratista directa de metro, era que esta empresa suministraba el material principal en la obra, varilla y concreto, se tenía momentos específicos como las compras de materiales específicos, ejemplo un tipo de tubería especial o algún tipo de pieza que no poseía Odebrecht, lo cual al no tener los pagos al día del contratista mayor a los subcontratistas afectaba la puesta en obra al día de dicho material vital para el avance y entrega a fecha.

Las manifestaciones y las protestas (Figura 18) son actos que afectaron directamente la productividad, ya que atrasaban la llegada de materiales a la obra como se puede ver en algunas noticias de medios de comunicación y en los libros de obra, por ejemplo el del 22 de Febrero de 2012, de la estación Guaicaipuro.

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :

OBRA	PARALIZACIÓN HORAS		PRODUCTIVIDAD %	
	1° Turno	2° Turno	1° Turno	2° Turno
	g) Otros:			
Protesta en la Calle, Carretera Panamericana a la Altura del Rest.Los Alpes, lo cual retraso la llegada de los Camiones de Concreto a la Obra, ya que todas las vías estaban colapsadas, afectando el avance en el Tunel	3		75,00	

Figura 18. Libro de obra, Manifestaciones en vías principales

Se pudo ver como en los cuestionarios hay diferentes de opiniones, como lo fue el gerente de producción del proyecto del contratista Odebrecht (Figura 19), el cual veía el factor disponibilidad de material como un factor bastante difícil de solventar pero que con los años de trabajo en el país, se habían creado diferentes métodos de contingencia para su solución como comprar los insumos importantes (e.g. acero) con mucho tiempo de antelación, en ocasiones un año o más, y por otro lado se pudo evidenciar en las respuestas de algunos de los trabajadores de las subcontratista que exponen este factor como algo a favor ya que nunca faltaba suministro de materiales en sus actividades, debido a que dicho suministro es por parte del contratista Odebrecht y conseguirlo no está dentro de su labor, información que también se pudo corroborar en el primer grupo focal.

1. ¿La **disponibilidad de materia prima** en la obra fue un factor a favor o en contra de la productividad de la misma? ¿Por qué?

La dificultad para conseguir materia prima es uno de los grandes desafíos del trabajo en Venezuela. Para cumplir con las metas es fundamental planificar y programar la compra, suministro y llegada de los materiales con bastante anticipo. Además de eso, hay que tener "plan B" para cada situación. No se puede confiar 100% en la logística de suministro e importación. Por otro lado, como toda dificultad, el problema de materia prima es una oportunidad para diferenciarse de las otras empresas.

Figura 19. Cuestionario Gerente de Producción del Proyecto, Ing. Antonio Hora

Papel Gobierno: Se pudo ver como este afectó positivamente la disponibilidad de material por el interés que tiene el gobierno en la inauguración pronta y en fechas de compromisos políticos, por otro lado se vio la afectación negativa de las Manifestaciones, Protestas y la Demora de Pago a los Contratistas a la Disponibilidad de Materiales como se evidencio anteriormente, debido a que al generarse protestas en la obra, hay suspensión de labores, como también si hay protestas en zonas aledañas afectaban la llegada a tiempo de materiales como camiones de cemento. La demora de los pagos a contratistas (Figura 20) es un factor que afecto directamente el avance de la obra

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :		
N° ACTIVIDAD Ó SUB - ACTIVIDAD	OBRA	Localización abcs/ejes
Todas	- Se ha disminuido la producción al mínimo, por falta de recursos financieros, en este frente de obra a partir del 13/01/09	Est. Guaicaipuro prog. 0+000

Figura 20. Libros de obra Evidencia de Demora de Pagos a Contratistas

Finalmente teniendo en cuenta la tendencia general de la disponibilidad de materiales con respecto a la variación productividad se tuvo una relación positiva, es decir que está a favor de la misma, el suministro de los materiales más importantes era garantizado salvo cuando se presentaban la existencia de otros factores como las protestas, por lo dicho anteriormente.

La entrega programada de material es un componente principal en la optimización de la productividad del proyecto, puesto que permite el desarrollo de las actividades de construcción dentro del plazo (Enshassi, Kochendoerfer, & Abed, 2013) . Muchos estudios consideran la disponibilidad de materiales como uno de los factores más influyentes en la variación de los niveles de productividad, Enshassi et. al (2013) determinaron que la disponibilidad de materiales ocupaba el 6 lugar en importancia dentro de 83 factores analizados que generan bajos niveles de productividad, siendo motivo de paralizaciones significativas, pero en el caso de estudio esta relación fue contraria debida a las situaciones anteriormente expuestas.

Productividad Vs Rediseños:

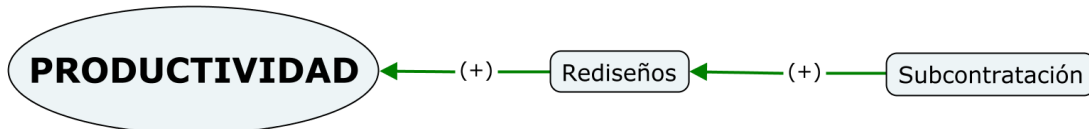


Figura 21. Relación Productividad vs Rediseños

Los Rediseños fue un factor fundamental en el avance de obra por lo que se analizó el comportamiento de este en la construcción de las dos estaciones del estudio y la línea de metro que las une.

En un primer momento se tuvo la idea que los rediseños no eran aceptados por los subcontratistas, teniendo en cuenta que la revisión de los cambios se realizaba en Brasil, lo que generaba tiempos de aprobación largos, por lo que en el modelo preliminar se ve una relación negativa, idea que cambio en el proceso de verificación (grupo focal II), ya que dicha revisión se llevaba a cabo en momento de cambios de diseño muy grandes o significativos, pero rediseños mínimos eran propuestos por los mismos subcontratistas quienes los solicitaban en pro del avance en un mayor grado en la construcción de la obra, cuando ya estos cambios se llevaban a cabo (e.g. cambio de dimensiones de materiales).

En el libro de obra del 18 de Octubre de 2010 de la estación Guaicaipuro (Figura 22) se tuvo atraso por modificación en el proyecto, lo cual atraso el avance de obra como tal.

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :					
N° ACTIVIDAD Ó SUB - ACTIVIDAD	OBRA	Localización abcs/ejes	PARALIZACIÓN HORAS		
			1° Turno	2° Turno	3° Turno
	d) Por falta de Aprobación formal de la Ingeniería de detalle:				
1.3.6.4.5.1	Proyecto de Tunel de Conexión Foso Mirandino	Cost. # 0	11	11	

Figura 22. Libro de obra falta aprobación a rediseño

En los cuestionarios exploratorios se evidencian diferentes opiniones, pero la tendencia en la adopción de rediseños dio una relación a favor de la productividad, como se pudo ver en el cuestionario de Ing. Juan Rovira, Ociven, (Figura 23) ya que los rediseños que se pedían en obra se podían aprobar al instante, por lo que no afectaba el avance tan drásticamente, y por otro lado los grandes cambios de diseño en el proyecto se pedían a la oficina técnica, la cual tenía sede en Sao Paulo, y por el cambio de horario afectaba el avance de la obra en alguna medida, pero dichos cambios tenían un afecto totalmente positivo en el avance cuando ya eran aprobados y aplicados en obra, estos buscaban facilitar la construcción de las estaciones o avance de la TBM en terreno, opinión en específico del Gerente del Proyecto y Gerentes de Producción de empresas subcontratistas (grupo focal II).

2. ¿El **rediseño** de los planos en Brasil afectó la productividad en la obra? ¿De qué manera?

No, en un primer momento si sentimos que el proceso fue un poco lento pero a medida que avanzamos en el proceso de construcción se fue normalizando y se preveían las dudas o consultas

¿En qué actividad o etapa del proyecto fue más evidente la influencia de dicho factor en la productividad de la obra? ¿Por qué?

En mi experiencia siempre en la etapa de construcción de los acabados se evidencia mas este factor en la productividad debido a que se requiere de mayor nivel de detalle.

Figura 23. Cuestionario exploratorio, Ing. Juan Rovira, Ociven (subcontratista)

Con los anterior se entiende que los resultados es una tendencia general de cada factor con respecto a la productividad, por lo que se concluye que la tendencia fue a favor del rediseño con respecto a la productividad, lo cual se pudo evidenciar en la triangulación de las tres fuentes de información.

Los rediseños son aportes de los subcontratistas en busca de un avance o de solventar un inconveniente en el método constructivo. Estos se plantean en la mayoría de los casos por los mismos subcontratistas buscando una mejora en el proceso constructivo, por lo que a pesar que no se presentó de forma recurrente en el proyecto, se tiene como un factor en pro del avance de la obra. Caso contrario a lo que ocurre en muchas obras en los que este factor genera suspensiones prolongadas de las actividades.

Productividad Vs Espacios de trabajo:

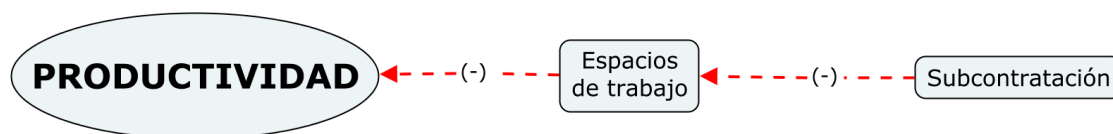


Figura 24. Relación Productividad vs Espacios de Trabajo.

El factor espacios de trabajo, está directamente ligado a la subcontratación de manera negativa, ya que la presencia de gran cantidad de personal en un mismo frente, ocasionaba pérdidas de productividad debido a la coordinación requerida para secuenciar los trabajos y evitar personal parado en la obra.

Subcontratación: un gran número de subcontratistas dentro de una estación de metro, hace que la movilidad de equipos y trabajadores sea difícil, como también la coordinación de las actividades consecutivas de una subcontratista a la entrada en el mismo escenario de otra, en trabajos en línea. (Entrevistas exploratorias).

Espacios de trabajo: en los cuestionarios la gran mayoría de los encuestados no sintió el factor espacios de trabajo algo a favor o en contra, (Figura 25) simplemente se acomodaban al espacio que se tenía y se veía como se podía trabajar en él, aunque se encontraron algunas opiniones en contra, ya que el ingreso del material era de forma lenta solo por el foso principal, lo que disminuía el avance del frente de trabajo, también se encontraron opiniones a favor por el conocimiento que se tenía en el método de trabajo en espacios confinados y con un gran número de empresas trabajando en conjunto.

3. ¿Los **espacios de trabajo** dentro del túnel fueron un factor a favor o en contra de la productividad en la obra? Por que?

Los espacios de trabajos son los que son, y son los lugares donde tenemos que realizar los trabajos de construcción, lo que si afecto de alguna medida fue el acceso de los materiales y le interface con otros sub contratistas

Figura 25. Cuestionarios Exploratorios, Ing. Juan Rovira, Ociven (subcontratista)

También se pudo evidenciar en los libros de obra de la época problemas en el avance de la obra por falta de espacios de trabajo, debido a que la estación Guaicaipuro se inauguró solo parcialmente y se debía seguir trabajando en ella solo en horario en el cual la estación no estuviera en funcionamiento, lo que ocasionaba retrasos en el avance de las actividades.

OBSERVACIONES :
TURNO NOCTURNO:
Laborando Personal correspondiente al Grupo B
Motivado a que la Estación Guaicaipuro presta servicio comercial en el horario comprendido de 05:30 am a 10:00 am y de 4:00 pm a 9:00 pm, las se ven restringidas, incluido el acarreo del material hasta el sitio
Debido a que no se lleva a cabo la interrupción del servicio eléctrico en la vía Izq. (TSl) solicitado en el programa del día 24 Enero del 2013 no hay productividad en las actividades de aplicación de friso en final de andén vía interna TSl, impermeabilización de vía izquierda TSl, ajuste de tubería para sistema contra incendios vía izquierda TSl y aplicación de Monocote a tubería contra incendios

Figura 26. Evidencia factor espacios de trabajo (Libro de obra 20 de Enero de 2013)

La tendencia que se obtuvo en la triangulación de las dos fuentes de información fue una relación en contra con respecto a la productividad, ya que los espacios de trabajo son reducidos y hay un gran número de subcontratistas trabajando, lo cual afectó la coordinación de las labores.

Los espacios de trabajo fue un factor vital para el avance de la obra, ya que a menor espacio y un número alto de trabajadores, se tiene menos movilidad y facilidad de maniobra.

Productividad Vs Presión de cronograma:

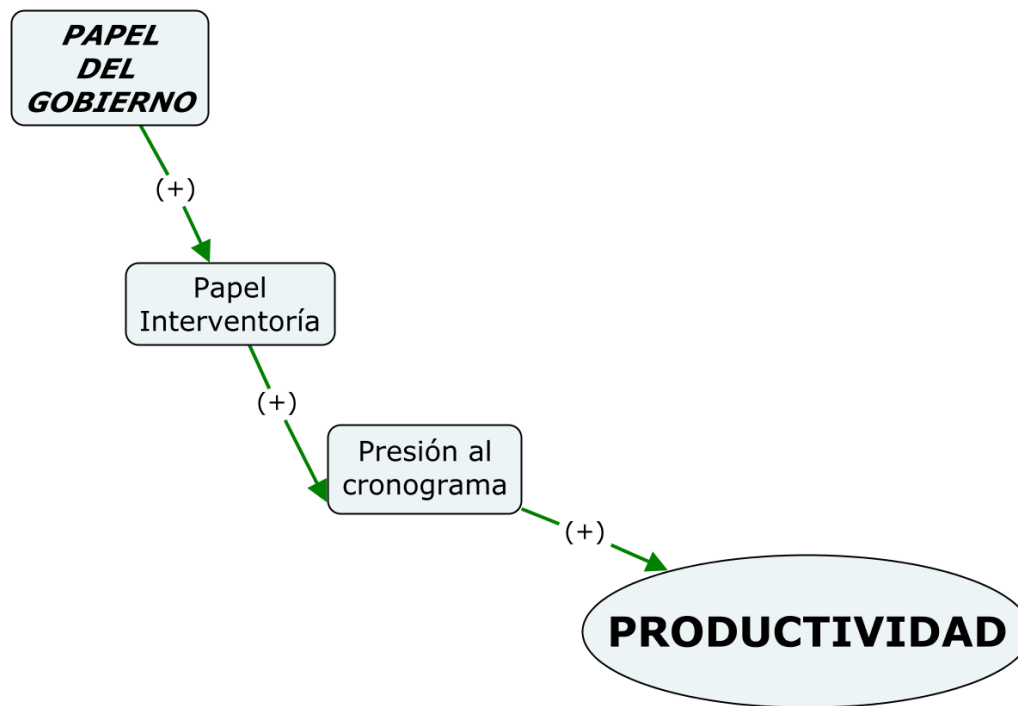


Figura 27. Relación Productividad vs Presión de Cronograma

La productividad es directamente afectada por motivos de presión del cronograma, en este caso era generada por la interventoría del proyecto.

Por ser una obra bandera de gobierno actual el avance de los trabajos eran vitales para Metro Los Teques, la empresa dueña de la obra y quien lo representaba. Por lo que la relación gobierno interventoría era a favor porque los intereses del gobierno son los intereses de metro, la interventoría del proyecto.

Papel interventoría También se pudo ver que la relación de la interventoría con respecto a la presión del cronograma es a favor, ya que se debe entregar la obra en las fechas previstas para que el gobierno pudiera tener su ardid político en la inauguración.

Presión de cronograma Las fechas de entrega eran inamovibles en muchos casos, mas no en todos los momentos se llegaban a ejecutar todas las actividades necesarias para el uso de la estación, en muchas ocasiones se inauguró solo la mitad de la línea ferroviaria, con el fin de inaugurar el día que el gobierno lo necesitaba, esto se puede evidenciar en los medios de comunicación de la época, como es el caso de la noticia del día 16 de diciembre de 2012 (Figura

28) en la que se informa que la estación Guaicaipuro fue inaugurada sin tener concluidos los trabajos en totalidad .

"La nueva estación del Metro de Los Teques abrió incompleta"

"Las obras que han inaugurado a medias lo han hecho sobre todo por un show mediático " "El proyecto de Guarenas-Guatire es un Metro de maqueta porque a la fecha es muy poco el avance"

Figura 28. Noticia Presión al cronograma (Cañizales & Sansone, 2012)

A pesar de la necesidad de la entrega se vio en los libros de obra los diferentes paros ordenados por la interventoría, por cumplir compromisos políticos, esto se evidenció en el libro de obra de la Estación Guaicaipuro de la *Figura 29*.

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :				
N° ACTIVIDAD Ó SUB - ACTIVIDAD	OBRA	Localización abcs/ejes cotas	PARALIZACIÓN HORAS	
			1° Turno	2° Turno
1.3.6.4	g) Otros: Por motivo del fallecimiento del Presidente de la República Bolivariana de Venezuela, ocurrido el día 5 de Marzo de 2013 en horas de la tarde, y para salvaguardar la integridad física de los Trabajadores y del propio Frente de Obra ante cualquier eventualidad, se hizo un receso de las actividades en el Segundo Turno.	Estacion Guaicaipuro		12

Figura 29. Libro de Obra 05 de Marzo de 2013, Paros de obra por motivos Políticos

En los cuestionarios y en el grupo focal se pudo ver como la interventoría estaba totalmente a favor del avance de la obra, en muchas ocasiones por fechas de entregas que no se podían cambiar, como se evidencio en el cuestionario del Ing. Gerente de Producción, Antonio Hora (*Figura 30*).

4. ¿El **papel** que jugó la **interventoría** fue un factor a favor o en contra de la productividad en la obra? Por que?

La Inspección siempre va a cobrar de su Contratista una obra en ejecución con calidad, seguridad y productividad. Ella siempre fue un factor a favor de la obra ejecutada con esos parámetros.

¿En qué actividad o etapa del proyecto fue más evidente la influencia de dicho factor en la productividad de la obra? ¿Por qué?

La Inspección tiene una influencia mayor en la etapa final de la obra por la presión de los cumplimientos de plazo.

Figura 30. Cuestionario Ing. Gerente de Producción, Antonio Hora, Odebrecht

La tendencia general de la relación Presión de cronograma y Productividad era favor, todos los actores que tenían vida en la obra estaban interesados en la entrega a fecha de cada obra que se realizó.

La presión al cronograma tiene que ver en la entrega en las fechas pautadas por el gobierno para sus intereses políticos, ya que la construcción de un metro en una ciudad capital de uno de los estados más grandes de Venezuela (Miranda), trae en consecuencia una serie de apoyo positivo a la campaña política pro gobierno, algo que en los últimos 15 años de gestión política en el país es muy común. Utilizar obras o entrega de estas en fechas cercanas a elecciones para poder tener una continuidad en el poder.

Productividad Vs Condiciones adversas del terreno

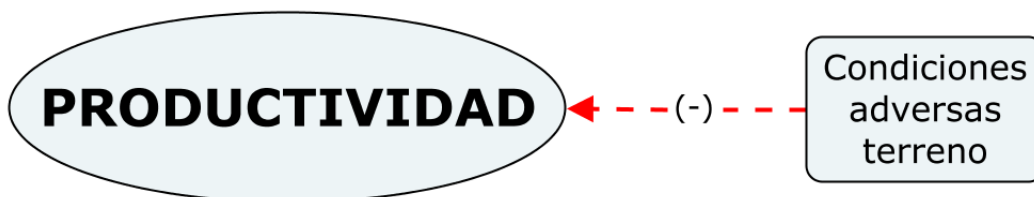


Figura 31. Relación de Productividad vs Condiciones adversas terreno

En cuanto al factor *Condiciones Adversas de Terreno*, se vio en los libros de obra (Figura 32) que el terreno presentaba condiciones no previstas adversas para el avance de la TBM, por lo que se afectaba negativamente la productividad en la excavación, como es el ejemplo del libro de obra del 21 de Octubre de 2010.

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :					
N° ACTIVIDAD Ó SUB - ACTIVIDAD	OBRA	Localización abcs/ejes	PRODUCTIVIDAD %		
			1° Turno	2° Turno	3° Turno
	f) Por Condiciones Geológicas no previstas:				
1.3.6.4.3.2.1	Litología Dura. Roca tipo 3. Disminucion del avance de la excavacion	Anillo # 34	25	25	

Figura 32. Libro de Obra, Condiciones adversas del terreno

Por otro lado, en las entrevistas preliminares, el director de topografía, comentó que no solo terreno rígidos compuestos de rocas con un nivel de dureza mayor a lo esperado podía

atrasar el avance de la TBM, si no también terrenos lodosos y de baja rigidez hacían que se viera de igual forma afectado su avance por la inestabilidad para apoyarse e impulsarse la máquina.

Como se pudo ver en los cuestionarios (*Figura 33*), la actividad de excavación con la TBM, atañe a un grupo de personal muy reducido por lo que en muchas ocasiones no aplicaba para el tipo de trabajo que se estaba realizando, como en las que si exponen las misma tendencia ya comentada anteriormente, terrenos muy duros o con un nivel freático muy superficial afectaba el avance de las excavaciones.

5. ¿En el avance de la TBM como afectaron las **condiciones del terreno** la productividad de la construcción de la línea?

Las condiciones del terreno están directamente asociadas a la productividad del avance de la TBM. Si el material es muy duro, hay una mayor dificultad de avance. Un material más blando, permite avances más rápidos. Ahora, materiales más blandos con agua pueden generar situaciones de gran inestabilidad y riesgo para el avance del TBM.

¿En qué actividad o etapa del proyecto fue más evidente la influencia de dicho factor en la productividad de la obra? ¿Por qué?

Cuando hablamos de TBM, la etapa más crítica es la propia excavación de los túneles.

Figura 33. Cuestionario Exploratorio, Ing. Gerente de Producción, Antonio Hora

En los medios se evidenció una comunicación de 22 de Agosto de 2014 (*Figura 34*), por parte del gerente de Odebrecht donde planteaba la necesidad de la evacuación de un sector de viviendas de bajos recursos por su inestabilidad, antes del paso de la TBM , con el fin de evitar asentamiento de las estructuras y riesgos para los habitantes de las viviendas, esto como solución final debido a la imposibilidad de expropiación de dichas casa por parte del estado.

Al respecto, con motivo de que a la fecha no se han concretado las expropiaciones requeridas en este sector, este Consorcio se vio en la necesidad de realizar la Inspección del Estado Físico de los inmuebles que presuntamente puedan presentar problemas, ubicados en el denominado Barrio Chino, con el objeto de dejar constancia de la situación actual de los mismos, previo al paso de las TBM. Los expedientes correspondientes a la citada Inspección, se encuentran en proceso de firma por parte de sus habitantes y los mismos serán remitidos a la brevedad posible.

El Barrio Chino es considerado una zona crítica por la situación de alto riesgo de algunos de los inmuebles que lo conforman, los cuales destacan por la precaria construcción de sus estructuras y fundaciones, aunado a la pronunciada pendiente de la ladera en que se ubican, todo lo cual se detalla en el informe identificado como INF-GR-057 "*Consideraciones sobre casas en situación de riesgo en el Barrio Chino, sector La Carbonera, previendo el paso de las TBM*", remitido con nuestra comunicación N° CLII-0277/14 del 22/08/14.

Figura 34. Comunicado de Odebrecht, 22 de Agosto 2014

Se vio como en otros tramo del paso de la TBM, hubo un nivel alto de riesgo en las edificaciones superficiales por el tipo de terreno y la calidad de las edificaciones: “Paso por la Estación Guaicaipuro (progresivas 0+750 y 0+800) Características del tramo: Se excavó en el lito tipo 2-b, roca dura y competente de Esquistos Cuarzo Calcáreo grafitoso meteorizado y alto grado de fracturamiento. Tramo urbano de coberturas de hasta 20m. Zona densamente poblada con edificaciones de hasta 14 pisos + sótano y 30 años de antigüedad.” (Abdanur & Vasallo, 2012).

La relación productividad condiciones de terreno fue en contra por las condiciones adversas del terreno que se manejó en la línea Guaicaipuro- Independencia, tramo específico del análisis.

El análisis de las condiciones adversas del terreno, recae totalmente sobre el avance de la TBM, siendo esta máquina el equipo principal en la construcción de las líneas de metro, se encontraron algunos estudios de productividad enfocados específicamente a dicha maquinaria, donde se tomaron en cuenta factores relacionados con el tipo de terreno, los mantenimientos, las especificaciones de la máquina entre otros (Werner & AbouRizk, 2015). A pesar que las condiciones del terreno dentro del modelo están como un factor independiente ligado directamente a la productividad, es de gran importancia su existencia en el modelo teniendo en cuenta las razones anteriormente expuestas.

Productividad Vs Re trabajos

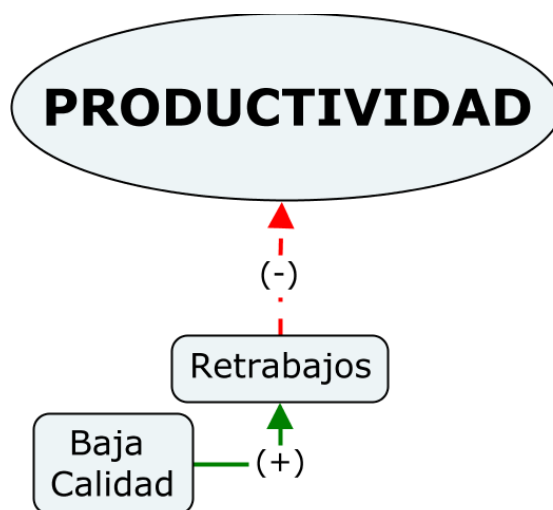


Figura 35. Relación Productividad vs Re trabajos

El factor re trabajos en las estaciones de metro se presentó principalmente debido a que una mayor presión en el cronograma, desencadenaba en una baja calidad en algunas actividades dentro del proyecto, que demandaban re hacer trabajos.

La *Baja Calidad* pudo evidenciarse en los medios de comunicación de la época en una noticia del Diario el avance en 2014, en donde se habla de filtraciones en estaciones de metro a solo un mes de haberse mes de haberse puesto en funcionamiento.



Figura 36. Evidencia problemas de calidad en obras (Torres, 2014)

Los factores *re trabajos* y *baja calidad*, se incluyeron en el modelo durante la etapa de verificación (grupo focal II), ya que son necesarios para poder tener un análisis global de la productividad dentro de construcción de metro en el contexto que se manejaba en Venezuela en sus años de construcción, ya que como se explicó anteriormente la presión al cronograma cumplía a unos intereses políticos inamovibles, lo cual era pie para un avance en tiempo corto pero con estándares de calidad en algunas actividades bajos, con lo que se producían trabajos adicionales o extras a los contemplados en un primer momento.

Productividad Vs Modelos de contratación

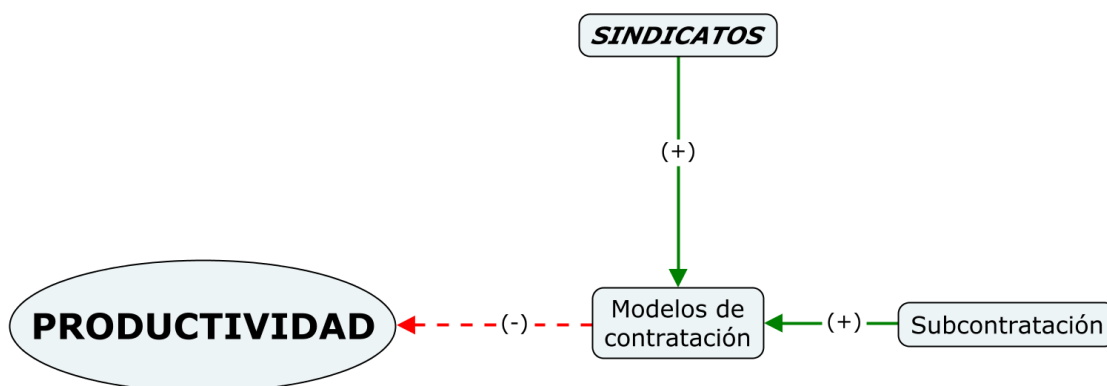


Figura 37. Relación Productividad vs Modelos de Contratación

Modelos de Contratación: Los modelos de contratación se vieron relacionados con los sindicatos, como se evidencio en los cuestionarios (Figura 38), el sindicato tenía por ley el ingreso de 70% del personal que labora en obra y la empresa contratista solo el 30%, lo cual afectaba considerable el nivel de calidad deseado del personal que labora en obra por esta injerencia de los sindicatos, ya que el sindicato no tienen un filtro adecuado para la clasificación del personal obrero.

8. ¿El **factor sindical y los modelos de contratación** en la obra fue un factor a favor o en contra de la productividad en la construcción? Por que?

En contra, el sindicato contaba con el 70% del ingreso del personal. Normalmente las personas impuestas por sindicato no cumplían con lo necesario para mantener la producción deseada en la obra.

¿En qué actividad o etapa del proyecto fue más evidente la influencia de dicho factor en la productividad de la obra? ¿Por qué?

Cuando se necesitaba personal calificado, el personal normalmente no tenia experiencia en este tipo de proyecto por lo que demoraba las actividades mientras el personal tomaba el ritmo de trabajo.

Figura 38. Cuestionario Ing. Jesús Jeanty, Constructora Manda

Sindicatos y su formación, estos tipos de asociaciones son avaladas por la ley Orgánica del Trabajo y están totalmente protegidos por la misma, por lo que se pudo ver su accionar sin reparos como se exponen en medios de comunicación del 15 de Febrero de 2014 (Figura 39), donde se realizó un despido masivo de personal en la Consorcio Línea II, teniendo la figura del

sindicato como defensor (*Derechos individuales de la libertad sindical, Artículo 355*) (República Bolivariana de Venezuela, 2012).

Posibilidad de ejercer todas sus actividades sin ningún tipo de restricción por parte de externos (Prohibición de prácticas antisindicales, Artículo 357), esto se vio en los medios de comunicación del Diario el Avance del 2014, donde se obligó a Odebrecht contratista principal, a realizar contrato directo e indefinido a los trabajadores obreros pertenecientes a los sindicatos, para poder reanudar labores en los frentes de trabajo.

Botaron a 60 empleados de contratistas del Metro

on febrero 15, 2014 9:14 am .

Publicado en: Nacionales, Titulares

Twitter 619 Email 5 Compartir 2



Figura 39. Ej. Noticia modelos de contratación (*Diario El Avance, 2014c*)

Imposibilidad de despido hasta la terminación de la obra o frente de trabajo (Protegidos por inamovilidad, Artículo 420).

Subcontratación: El tipo de contrato con el personal de obras de construcción son contratos a término indefinido, solo en casos muy excepcionales se harán a término definido, (Modalidades del contrato de trabajo, Artículo 60. El contrato de trabajo podrá celebrarse por tiempo indeterminado, por tiempo determinado o para una obra determinada.)

La ley de inamovilidad laboral es tergiversada por los sindicatos logrando así la imposibilidad del patrono del despido de algún personal hasta la terminación de la obra (Inamovilidad, Artículo 94)

En el libro de obra del 25 de Abril de 2011 (Figura 40), se vio como el sindicato realizó reuniones durante el horario laboral y estas no tienen ningún tipo de reparo en la paralización de actividades por dichas reuniones, como se pudo ver en la Ley Orgánica del Trabajo los sindicatos están totalmente avalados en ella y tienen poder independiente y apoyo total del gobierno.

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :							
N° ACTIVIDAD Ó SUB - ACTIVIDAD	OBRA	Localización abcs/ejes cotas	PARALIZACIÓN HORAS			PRODUCTIVIDAD %	
			1° Turno	2° Turno		1° Turno	2° Turno
	g) Otros:						
	Reunión con Sindicato	Foso Principal		2.5			79.17
		Tunel Piloto					

Figura 40. Ej. Libro de obra – Paralización por Sindicato.

Como tendencia en esta relación Productividad- modelos de contratación, se vio como estos modelos van en contra del avance de la obra, debido al gran poder que tiene el sindicato lo cual lo avala el gobierno, el tipo de contrato que se maneja (contratación indefinida), como también la ley de inamovilidad laboral hacen que el contratista este a merced de las necesidades de un gobierno paternalista y populista.

Sin duda el factor sindical es primordial y tiene mucho peso en los modelos de contratación en Venezuela, ya que hace de estos modelos un esquema rígido en el que los contratistas pierden independencia para la toma de decisiones sobre los trabajadores y el avance de la obra en general. La gran importancia y poder que estas asociaciones sindicales tienen sobre las obras civiles, varían dependiendo del contexto en que se analicen, pueden generar en cierta forma efectos positivos en los trabajadores sindicalizados, pero para el avance de la obra pueden generar situaciones que llevan a paralizaciones considerables. Sin embargo hay países donde este factor no tiene la influencia tan marcada en los proyectos como es el caso de Turquía, país que tiene sindicatos en la construcción, pero que a percepción de los trabajadores no es un factor de peso cuando se analiza la productividad (Kazaz & Ulubeyli, 2007).

Productividad Vs Experiencia del personal



Figura 41. Relación Productividad vs Experiencia de Personal.

Experiencia del Personal: en los cuestionarios se evidenciaron repuestas a favor de la experiencia laboral como es el caso del maestro Ángel David Hidalgo que resaltó que el personal era calificado y con gran experiencia, el Sr Hidalgo trabajaba para la subcontratista de Ociven, empresa encargada de la construcción de las estaciones de metro y fosos de acceso peatonal, que contó en su grupo de trabajo con ingenieros de gran trayectoria, maestros y ayudantes que tenían alto nivel de experiencia en este tipo de obras, ¿por qué se presenta este tipo de logros teniendo una fuerza sindical de contratación (70%-30%) dentro de las obras de construcción?, esta situación de ingreso en su gran mayoría de personal calificado por parte de la subcontratista, se puede lograr con negociaciones económicas con el sindicato por parte de grandes subcontratistas como lo es Ociven.

La experiencia de la empresa contratista directa Odebrecht es indudable, ya que cuenta con una trayectoria de muchos años en el sector de la construcción de proyectos de infraestructura en diferentes partes del mundo, además cuenta en su planta de personal con profesionales de gran experiencia. José Claudio Daltro, Responsable de Administración y Finanzas, con 31 años en Odebrecht, para la revista Trimestral de la misma empresa enfatizó en la trayectoria que tienen en la construcción de metro en Venezuela en los últimos 10 años, como también se puede decir que Odebrecht tiene alrededor de 24 años en el país, tiempo en el cual han construido hidroeléctricas, puentes sobre ríos tan importantes como el Orinoco y muchas otras obras de gran envergadura (Antunes, 2009).

Por todo lo anterior se pudo concluir que a pesar de la fuerza y el poder que tiene el sindicato en el momento de contratación de personal en obra, siendo este un factor en contra de la experiencia de personal por sus pocos filtro o casi nulos, la experiencia del personal con respecto a la productividad es una relación a favor, ya que se tiene como contratista directa

Odebrecht una empresa de gran trayectoria mundial la cual ha tenido sus mejores resultados en países con problemas sociales como Venezuela o Angola.

Productividad Vs Nuevas tecnologías:

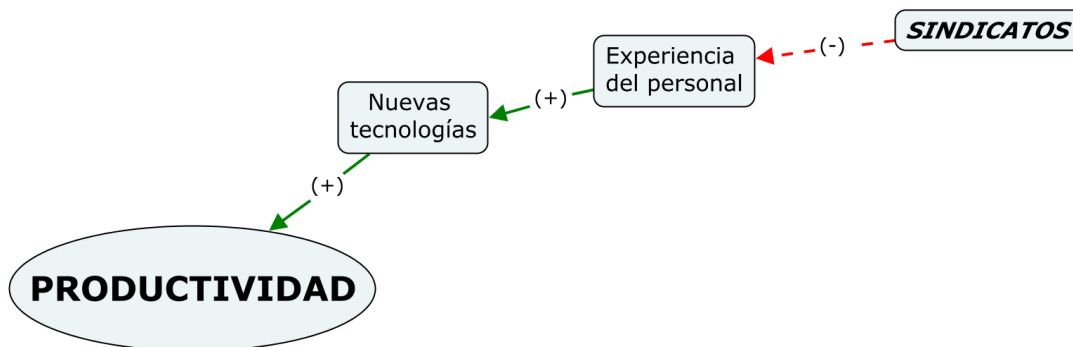


Figura 42. Relación Productividad vs Nuevas Tecnologías

Al analizar los cuestionarios respecto a este factor, se pudo ver como la implementación de tecnologías de vanguardia como es el uso de la TBM genera un gran aumento en la productividad, como es el caso de la opinión del gerente de producción del proyecto, Ing. Antonio Hora (Figura 43). ¿Porque se usó el tipo de maquina TBM para este tipo de excavaciones?: “En comparación con sistemas convencionales de túneles, los costos y tiempos finales pueden ser estimados con mucha más precisión. Se disminuye el riesgo para los trabajadores. Casi no hay ruido y vibración, con poco impacto en el tráfico y en las rutas. No es necesario el drenaje de aguas subterráneas (Herrenknecht, 2012).

12. ¿El empleo de **nuevas tecnologías**, de qué manera afectó la productividad del proyecto? ¿Por qué?

El empleo de nuevas tecnologías siempre afecta de manera positiva para aumentar productividad. La excavación con TBM es un ejemplo de empleo de nueva tecnología que genera un gran aumento de productividad.

¿En qué actividad o etapa del proyecto fue más evidente la influencia de dicho factor en la productividad de la obra? ¿Por qué?

En la etapa de estructuras, porque es la etapa que consume más tiempo del cronograma y que, por eso, los cambios tienen más impacto.

Figura 43. Cuestionarios Ing. Gerente de Producción, Odebrecht

El tipo de TBM convertible se ingresó en este proyecto ya que:

“1) La mayor parte del túnel estaba bajo condiciones geológicas apropiadas a la excavación en modo abierto (no presurizado), sin embargo existían zonas localizadas que requerirían del modo

cerrado presurizado. Sea operando en EPB o modo abierto, teniendo un adecuado diseño “convertible”, no existiría pérdida significativa de eficiencia, aumentando entonces, la versatilidad y adaptación del equipo para una variedad mucho mayor de condiciones geológicas.

2) Debido al predominio de roca y suelos estables, con pequeñas variaciones a lo largo del alineamiento, no habría la necesidad de cambios frecuentes en el modo de operación (abierto o cerrado), por lo tanto, el tiempo invertido para los cambios no sería significativo.

3) El manejo del material excavado sería más fácil con correa transportadora, trabajando en modo abierto y no presurizado. Rocas, suelos estables y compactados con poca presencia de agua, son mejor excavados descargando el material en cada rotación de la cabeza de corte, minimizando la re trituración y remezclado, a diferencia de mezclarlo en una cámara y removerlo con un tornillo sin-fín.” (Abdanur & Vasallo, 2012).

Dentro de la empresa Odebrecht se maneja una Tecnología Empresarial Odebrecht (TEO), con dicha tecnología el cliente dueño del proyecto es la razón principal de la estancia de la constructora, ya que se debe trabajar para y por el cliente y entregar trabajos de calidad en los tiempos estipulados.

La relación *Nuevas Tecnologías- Experiencia* del Personal fue una relación a favor, la empresa Odebrecht tiene gran experiencia en construcciones de gran envergadura, a pesar de tener un factor sindical afectando negativamente la experiencia del personal se puede ver que la experiencia de personal está en pro del uso de nuevas tecnologías, esto es debido a los acuerdos económicos a los que llegan el sindicato y Odebrecht para poder trabajar con su personal calificado dentro del uso de la TBM para las excavaciones del túnel (actividad principal en la construcción de los túneles). Por último la tendencia en el análisis de *Nuevas Tecnologías- Productividad* fue a favor por lo planteado anteriormente, uso de TBM acordes al terreno y uso de TEO tecnologías empresarias acordes al avance de la obra, entre otras.

El uso de nuevas tecnologías fue un factor diferenciador con respecto a otros proyectos de construcción, ya que maquinaria como la TBM requiere de un gran personal calificado para su operación, esta equipo tiene a su cargo la excavación para la construcción de los túneles por los cuales se va a transportar los vagones en doble sentido, por lo que es algo primordial en la construcción de un metro subterráneo. Por lo anterior el análisis de los factores que afecten el avance de la TBM, llega a ser de gran interés en diferentes artículos (Werner & AbouRizk, 2015)

Productividad Vs Ausentismo:

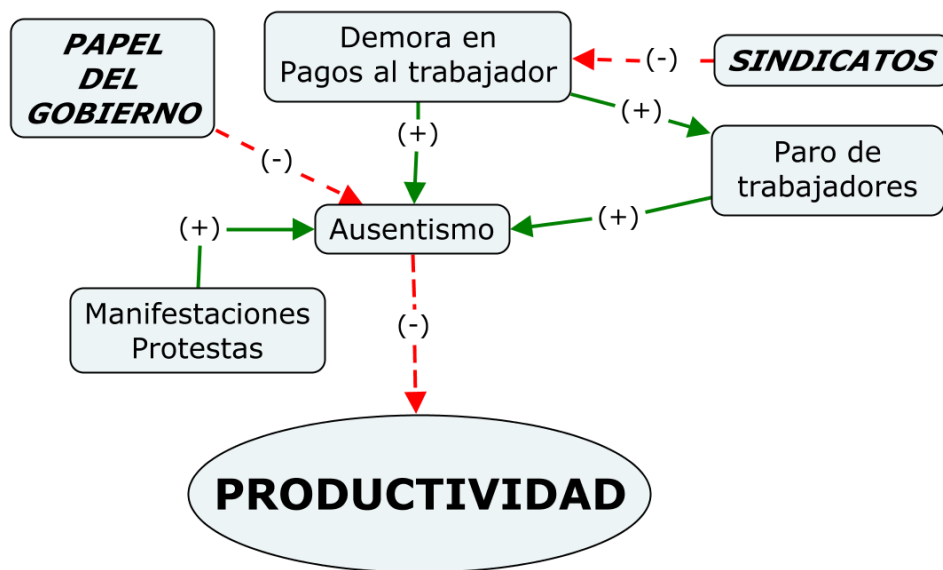


Figura 44. Relación Productividad vs Ausentismo

Sindicatos: Se pudo ver en el libro de obra del 30 de abril de 2012 (Figura 45), como el sindicato paraliza las labores en el 2do turno por 6 horas, ocasionando ausentismo en los frentes de obra y con esto sin duda una disminución de la productividad.

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :				
N° ACTIVIDAD Ó SUB - ACTIVIDAD	OBRA	Localización abcs/ejes cotas	PARALIZACIÓN HORAS	
			1° Turno	2° Turno
	g) Otros:			
1.3.6.4	Paralización de todas las actividades en el frente debido a paro sindical	Estación Guacaipuro		6

Figura 45. Ej. Libro de Obra Factor Ausentismo.

La relación Sindicatos-Demora de pagos a los trabajadores, se evidenció en la tercera fuente de información con una noticia del 08 de Agosto de 2014 en la que 80 obreros del Metro en Carrizal se van a paro, se muestra la presión sindical ejercida hacia las empresas subcontratistas, en pro del pronto pago al personal obrero. En el modelo puede evidenciarse que de presentarse el factor demora en pagos, se generan paros de trabajadores apoyados por el sindicato, lo cual a su vez aumenta el ausentismo en las obras y la disminución de la productividad.



Retrasos en los pagos, anomalías en las contrataciones y daños al ambiente son algunos de los motivos por los que más de 80 trabajadores de las obras de Metro Los Teques, en Carrizal, decidieron realizar un cierre técnico de sus operaciones. Evaristo Ponce, director de la Central de Cooperativas, manifestó que "tres cooperativas subcontratadas por Odebrecht, se ven afectadas desde octubre ante las recurrentes demoras con los pagos". Destacó que por ser obreros subcontratados no gozan de beneficios laborales y la empresa se niega a firmar un contrato de servicio, trayendo como consecuencia que más de 80 trabajadores estén en un limbo jurídico.

Figura 46. Noticia sobre paro de trabajadores (*Diario El Avance, 2014a*)

El Papel Gobierno- Ausentismo esta relación es en contra, es decir, si se analizan directamente estos dos factores, el papel gobierno está en contra de que se presente ausentismo, lo anterior debido a que por políticas laborales en Venezuela, el gobierno da un bono de asistencia al personal que no falte injustificadamente a su trabajo y que consiste en el pago de una semana adicional de salario al mes. Sin embargo, la anterior relación cambia si se presentan situaciones políticas que impliquen la presencia del personal en marchas o protestas pro gobierno, esto se pudo evidenciar en el libro de obra del 05 de Marzo de 2013, (*Figura 47*) en esta fecha falleció el presidente de la república Hugo Chávez, lo cual generó 3 días de duelo nacional no laborables, 05 de marzo, 06 y 15 de 2013, con lo que se vio el poder del gobierno en el avance de los frentes de trabajo ya que apoyaban este tipo de paros, otro caso se vio el día 11 de abril 2013, donde por orden del sindicato el 2do turno se vio obligado a asistir a una marcha en apoyo a la campaña política, logrando que la productividad baje a un 50%,. Como ya se explicó anteriormente el sindicato tiene un apoyo total por parte del gobierno y viceversa. Por lo anterior la relación Papel gobierno- Sindicatos fue de doble sentido y a favor de cada extremo.

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :				
N° ACTIVIDAD Ó SUB - ACTIVIDAD	OBRA	Localización abcs/ejes cotas	REALIZACIÓN HORAS	
			1° Turno	2° Turno
1.3.6.4	g) Otros: Por motivo del fallecimiento del Presidente de la República Bolivariana de Venezuela, ocurrido el día 5 de Marzo de 2013 en horas de la tarde, y para salvaguardar la integridad física de los Trabajadores y del propio Frente de Obra ante cualquier eventualidad, se hizo un receso de las actividades en el Segundo Turno.	Estacion Guaicaipuro		12

Figura 47. Libro de Obra, Estación Guaicaipuro, 05 de Marzo de 2013

La tendencia en la relación Ausentismo- Productividad fue negativa ya que al no tener personal obrero en los frentes de trabajo no es posible el avance de los trabajos.

Productividad Vs Manifestaciones Protestas:

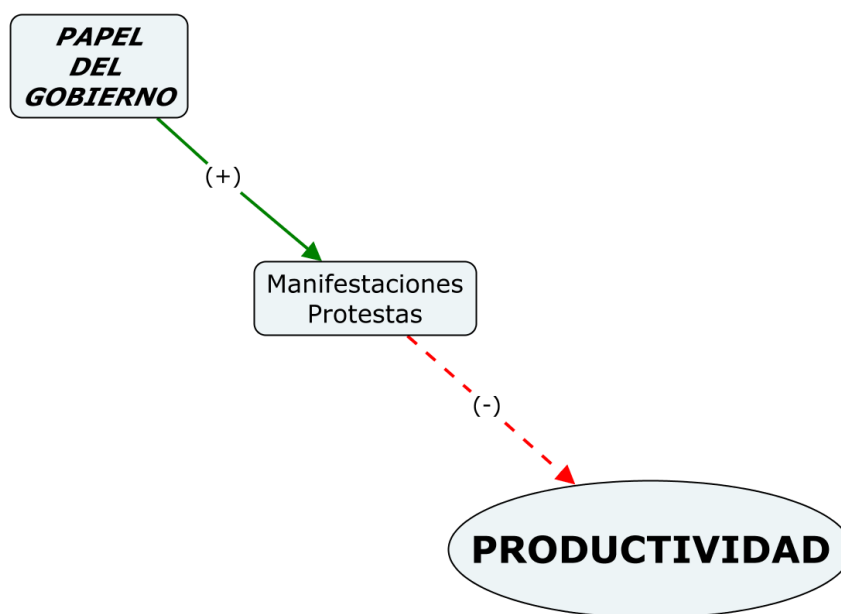


Figura 48. Relación Productividad vs Manifestación y Protestas.

En el libro de obra del 18 de noviembre de 2012, se presentó una manifestación en las vías cercanas a la obra y por seguridad del personal se terminan las labores del día a las 2pm, el cual afecto por 5 horas las excavaciones en el foso principal de la Estación Guaicaipuro. (Figura 49)

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :				
N° ACTIVIDAD Ó SUB - ACTIVIDAD	OBRA	Localización abcs/ejes cotas	ARALIZACIÓN HORAS	
			1° Turno	2° Turno
	e) Por suspensión o paralización por causas ajenas al Contratista:			
1.3.6.4	Las actividades fueron suspendidas desde las 12:00 hasta las 19:00 horas por el sindicato, debido a que ordenó al personal obrero asistir a marcha de campaña política.	Estación Guaicaipuro / Edificio Técnico	6	

Figura 49. Libro de Obra 18 de Noviembre de 2012, Estación Guaicaipuro

Otro factor negativo son las protestas y manifestaciones que en los últimos años eran más frecuentes, y el sindicato del sector pedía la asistencia obligatoria del personal obrero (Figura 50), con lo que se tenía obras sin personal que trabajara en ellos en los días de actos políticos pro gobierno.

OTRAS PARALIZACIONES O PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD :				
N° ACTIVIDAD Ó SUB - ACTIVIDAD	OBRA	Localización abcs/ejes cotas	ARALIZACIÓN HORAS	
			1° Turno	2° Turno
	g) Otros:			
1.3.6.4.12	Debido a protestas en la vía se decidió liberar el personal a las 14:00 hrs para garantizar su seguridad física.	Estacion Guaicaipuro	5	

Figura 50. Evidencia manifestación ordenada por gobierno (11/04/13)

En la noticia registrada el 16 de Septiembre de 2015 (Figura 51), se ve como una protesta por falta del suministro de agua en el sector, afecta la movilidad en la vía arteria principal que conecta los frente de obras con el acopio de material y las plantas de concreto, lo que genera un atraso en el avance de las actividades de ese día. También se vio esta tipo de irregularidades en la noticia del diario web Contra Punto del 27 de Agosto de 2014 (Morales, 2015), donde se presentó un cierre de vía por protestas exigiendo vivienda a una población de refugiados. La vía que se ve afectada en dicho cierre es la carretera antigua por donde se llegaba a la capital del estado Miranda, Los Teques.



Figura 51. Noticia Factor Manifestaciones- Protestas (La Patilla, 2016)

En el cuestionario que respondió el Ing. Jesús Jeanty, consideró que las manifestaciones afectaron de forma negativa el avance de la obra ya que se presentaron varios días de pérdida de avance de actividades.

11. ¿El factor **Social - Comunidad (Paros, manifestaciones, marchas, procesos compra de terrenos, reclamaciones)**, de qué manera afectó la productividad del proyecto? ¿Por qué?

Los frentes de trabajo estaban en plena ciudad por lo que cualquier manifestación, marcha o paros nos afectaba directamente. La situación país durante 2013 y 2014 ocasiono gran cantidad de días laborables perdidos por esta situación.

Figura 52. Cuestionario Ing. Jesús Jeanty, Subcontratista Manda.

La tendencia que se tuvo como resultado de la triangulación de resultado es una relación en contra por parte de las Manifestaciones protestas en cuanto a la productividad.

Cuando se analizó el factor manifestaciones se tuvo que ver de forma global la situación país, situación inestable que afectaba negativamente el avance de las obras debido a las necesidades de la comunidad, las cuales se veía plasmada en dichas protestas.

Papel Gobierno vs Sindicatos:



Figura 53. Relación Papel del Gobierno vs Sindicato.

Esta relación sin duda es la más representativa que se tuvo en el caso de estudio dentro del modelo y a su vez la más diferenciadora respecto a otros estudios, ya que el tipo de gobierno y el papel que juega dentro de este tipo de obra en Venezuela es muy específico, el gobierno es centralista lo que genera que a pesar que se tiene la Empresa Metro, la cual maneja las obras, es el gobierno el que tenía la última palabra y cualquier decisión importante debía ser aprobada por este. El factor sindical se presenta en toda Venezuela, dicho factor a nivel de construcciones civiles no se presenta en Colombia, por lo que nuevamente se pudo ver un aspecto diferenciador a la realidad que se conoce dentro de la industria nacional de construcción. Los sindicatos al ser legamente constituidos tienen un apoyo casi absoluto por el gobierno, y estos al igual que la interventoría (Metro), son representantes del gobierno en el desarrollo del proyecto, lo anterior generó una relación en doble sentido.

El gobierno apoyó al sindicato en casi todo su accionar y viceversa, en los últimos años el sindicato ha politizado su labores por lo cual en parte del sector obrero tiene sus diferencias con estos “representantes” de los intereses del sector.

El factor sindical en Venezuela afecta en gran medida la productividad, debido al poder que tiene esta organización sobre las decisiones dentro de los frentes de obra, muchos países tienen sindicatos en la construcción pero su afectación sobre la obra no es de tan envergadura, según la percepción de los trabajadores de la construcción. (Kazaz & Ulubeyli, 2007)

Como aspectos fundamentales del modelo analizado, se puede decir que represento la realidad en las relaciones (verificación del modelo) y los factores que afectaron la productividad en la construcción de las Estaciones Guaicaipuro e Independencia como también en la línea de metro que las une, ya que se tuvo una gran variedad de información tanto de personal que laboro

en el proyecto, como su registro diario siendo esta una de las fuentes más objetivas que se pudo analizar y como último se evidenció que en la tercera fuente de información medios de comunicación se registraron afectaciones reales de algunos factores, a pesar de la creencia de un sesgo de información que se maneja en el país.

Verificación del modelo conceptual

Como se desarrolló a lo largo del documento, en esta etapa, se buscó corroborar y verificar la representatividad del modelo en cuanto a la realidad del proyecto estudiado, con el fin de analizar y dar respuesta a la pregunta de la investigación, para tal fin se realizó un segundo grupo focal en el que participaron un ingeniero de producción, un residente de obra, el gerente administrativo y un maestro de acabados.

Dentro de las principales observaciones y aportes recibidos en esta discusión, para aplicar los cambios pertinentes para dar mayor claridad y entendimiento al modelo, fueron:

1. Inicialmente el factor ausentismo era confuso en relación directa con productividad, ya que se encontraba a favor pero por error en interpretación en la concepción del factor, se cambió a una relación negativa, porque efectivamente el ausentismo generó falta de mano de obra que se evidenció directamente en índices bajos de productividad.
2. La demora en pagos inicialmente se consideró como un factor único, pero teniendo en cuenta que hubo dos incidencias independientes, se distinguió entre demora en pagos al trabajador y demora en pagos al contratista, lo cual generó efectos diferentes y se relacionan con otros factores del modelo aparte.
3. Inicialmente el factor subcontratación tenía una relación negativa con los rediseños, pues su concepción partió de la idea que los encargados de la aprobación de los cambios en diseño eran subcontratados y con sede en Brasil, lo cual implicaba tiempos largos en revisión y aprobación, pero los cambio en su mayoría los hizo directamente el constructor Odebrecht, por tal razón y por diferente información obtenida a lo largo del estudio, se cambió la descripción del factor, debido a que era la cantidad de subcontratistas que trabajan en el

proyecto, los que pedían dichos cambios y estos jugaron un papel positivo en aras de elevar los índices de productividad.

4. Teniendo en cuenta la presión al cronograma que se ejerce debido a factores netamente gubernamentales y políticos, lo cual sin duda hizo que los índices de productividad se elevaran, para cumplir con las fechas de entrega establecidas, aparece un nuevo factor que pudo ser identificado en las fuentes de información, el cual es la baja calidad que a su vez genera re trabajos y bajos índices de productividad.

El proceso anterior, se realizó teniendo en cuenta una de las técnicas de verificación en las metodologías cualitativas como es el estudio de caso, en la que va surgiendo un modelo representativo a partir de los aportes que generan los participantes del estudio. De esta forma se asegura el rigor verificando el estudio con ellos. En algunas ocasiones estos permitirán confirmar de forma inmediata la pertinencia, adecuación y validez del estudio, y pueden ofrecer, al mismo tiempo, informaciones adicionales para confirmar el modelo posteriormente. Sin embargo puede suceder en algunas ocasiones que los resultados quedan implícitos en el escenario y los participantes no estar de acuerdo con los hallazgos y pueden comprobar los resultados (Monje, 2011).

Otra forma de asegurar el rigor, es a través del proceso de triangulación utilizando diferentes datos, fuentes, métodos o disciplinas, que fue otra técnica usada a lo largo del estudio.

Capítulo V: Limitaciones, discusión y lineamientos para futuras investigaciones

Una de las limitaciones más importantes que se encontró en la investigación es el contexto tan específico en el cual se desarrolló, Venezuela es un país con un tipo de gobierno bastante distante en sus políticas a las de Colombia, ya que se maneja una centralización total de la toma de decisiones, estas decisiones afectan obras como la del caso de estudio, esto es el resultado de un sistema populista dentro del desarrollo de este tipo de obras bandera del gobierno de turno.

En el análisis de las características específicas del contexto de la obra se encontró el factor sindical, esta es una organización avalada en la Ley Orgánica del Trabajo, el sindicato es un factor diferenciador, ya que en muchos países no se contempla en la ley este tipo de organizaciones obreras como lo es en Colombia, los sindicatos en las obras de construcción de Venezuela tienen un gran poder apoyado totalmente por parte del gobierno.

Cuando se analiza el factor sindical dentro del desarrollo de la obra se tiene que tener en cuenta el poder que tiene esta organización sobre el desarrollo de las obras de construcción, por este factor se puede llegar a tener pérdidas de productividad por inasistencia de obreros, debido a manifestaciones pro gobierno en donde el personal obrero debe asistir, horario que se le debe pagar al trabajador a pesar de no estar laborando. Acá se ve como se crea la relación en doble sentido del gobierno-sindicato, el gobierno le da el apoyo al sindicato y este a su vez apoya al gobierno con la asistencia de obreros a las manifestaciones.

La ambivalencia de las decisiones del gobierno para este tipo de obra, está presente durante todo el desarrollo de la misma, ya que por un lado se debe cumplir con intereses políticos (manifestaciones o paros de obreros), pero por otro las fechas de las inauguraciones son inamovibles, lo anterior genera en varias ocasiones la puesta en funcionamiento de estaciones a media marcha solo por cumplir con la fecha de inauguración política ya pautada.

El papel del gobierno en Venezuela es un factor primordial al estudiar este tipo de macro proyectos, el gobierno es el dueño, garante y benefactor del mismo, por lo que a diferencia de

muchos otros países el gobierno acá afecta significativamente el avance de la obra, siendo un factor externo, factor que un gerente de proyecto no pueda manejar.

Se puede ver como en estudios en países con características parecidas a Venezuela con gran inestabilidad política, como lo es Palestina en la Franja de Gaza el factor gobierno tiene una gran injerencia sobre la productividad de la industria de la construcción (Enshassi et al., 2013). Acá se recalca la importancia de incorporar factores externos en el estudio de la productividad de grandes proyectos, factores que comúnmente no se tendrían en cuenta en proyectos de menor envergadura, o en países que se manejen de forma descentralizada, en los cuales no es el gobierno de turno el que dicte el avance del proyecto o no.

En la actualidad el proyecto está en un 95% paralizado y no se ven futuras activaciones, esto también se puede ver en países con problemas políticos como lo es la Franja de Gaza en donde igualmente el 95% de las operaciones industriales se encuentran suspendidas, debido a que no logran acceder a suministros para la producción, o porque no pueden exportar sus productos. La industria de la construcción se encuentra paralizada, con decenas de miles de trabajadores fuera de sus labores, en Venezuela el 90% de sus productos son importados, al día de hoy se maneja un control de cambio en el cual casi ningún tipo de empresa tiene accesos a dólares para la compra de materia prima, insumos necesarios para la construcción.

Otro punto importante dentro del análisis del modelo propuesto por esta investigación, es la disponibilidad de materiales el cual es uno de los factores más influyentes dentro del avance de actividades en cada frente de trabajo, en el lapso de tiempo es que se realizó el proyecto se pudo analizar que este factor no afectó considerablemente la productividad lo cual dista de la realidad de los proyectos desarrollados en Palestina en la Franja de Gaza, donde el cierre constante de esta zona de Israel hace que la importación sea muy baja y este factor coja mucha importancia y peso (Enshassi et al., 2013).

La presión del cronograma fue uno de los factores analizados ligados al papel del gobierno, la entrega a tiempo es de vital importancia para el mismo, por ende la inspección tiene fechas de entrega de obra inamovibles, esto igualmente se debe enmarcar en el tramo analizado y en los años que se realizó la construcción. En otros estudios consultados, el factor entrega tiempo, que puede compararse con la presión al cronograma analizada en este estudio afecta en

gran medida la productividad en construcción, en países con características similares a Venezuela como Palestina, se vio que dicho factor es el tercero en importancia de los 83 analizados en el estudio realizado por Enshassi et. Al (2013), el factor afecta la productividad de forma negativa, ya que no se cumplen esas entregas debido a la situación país, cierres de frontera constantes por conflictos bélicos, afectan el ingreso de insumos de construcción al país, en el contexto de este estudio se ve como algo similar con los insumos sucedió en el país, ya que por control de cambio no se tuvo acceso a dólares con lo que se puede importar insumos al país, pero a pesar de todo lo anterior los intereses en la entrega de las estaciones y la línea del metro por parte del gobierno, hacían que se solventaran todas las dificultades y se cumplieran las fechas de entrega, razón por la cual el factor presión al cronograma en este estudio afecto positivamente la productividad.

En el comienzo de la investigación se tuvo la creencia de un sesgo en los medios de comunicación a la hora de transmitir las noticias con respecto a las obra de metro, ya que como se conoce a nivel internacional el gobierno Venezolano tiene un control total sobre este tipo de medios y ya en varias ocasiones se han visto censurados o hasta vetados por exponer tendencias políticas en contra del gobierno. Lo anterior fue en parte desmentido por esta investigación, ya que hubo acceso a un gran número de noticias, en las cuales se plasmaban aspectos positivos y negativos como las falencias de las obras del metro de Los Teques.

Al tomar como base el modelo cualitativo propuesto en este estudio, se deja la puerta abierta a estudios futuros que deseen llevar al campo cuantitativo los factores analizados. “Estas relaciones que existían entre los diferentes factores son determinados por funciones matemáticas apropiadas y el modelo cuantitativo de la productividad del trabajo se construye, las relaciones que existían entre algunos de los factores son obvias y pueden ser simplemente determinadas por funciones matemáticas”(Nasirzadeh & Nojehi, 2013). Pero en otros casos hay relaciones que no son directas, tienen factores intermedios por lo que su relación tiene otras afectaciones. Acá también se pudo ver que las relaciones entre los factores es determinante para su comprensión, ya que cada factor por sí solo no se puede explicar, esta importancia se ve en todo tipo de proyectos de construcción, salvando las diferencias de los factores que son muy particulares de cada proyecto, pero dejando muy en claro que las relaciones se deben tomar en cuenta para poder llegar a una simulación real del día a día de un proyecto de construcción. Con una comprensión

más a profundidad del porqué se presentan retrasos, re trabajos o sobre costos de los proyectos se puede llegar a un control mayor de dichos factores, con lo que se lograría una mejora sustancial de la productividad dentro de los proyectos (Hollerman, 2015). La interrelación de factores y la forma en la cual se crean estas relaciones son análisis a profundidad que se tuvieron en cuenta para el presente proyecto.

Se debe dar un gran peso en este tipo de proyectos al uso de la TBM, maquinaria que hace toda la construcción de los túneles de acceso y salida de las estaciones, es tanta su importancia dentro de proyectos de excavaciones subterráneas que se pudo encontrar estudios de modelos de análisis del comportamiento de este tipo de maquinarias como un estudio realizado en la Universidad de Alberta, donde los autores se enfocaron en el funcionamiento de la tuneladora y en los factores que afectaban su productividad, identificando que el mantenimiento es de vital importancia, debido a la complejidad de su funcionamiento y al nivel de afectación que tiene su paralización en construcción de túneles (Werner & AbouRizk, 2015) con respecto al modelo propuesto, se pudo ver que los factores condiciones adversas del terreno y Nuevas tecnologías son los únicos que se relacionan respecto a la TBM, pero a pesar que son solo dos factores se debe entender que este análisis es a nivel de proyecto, donde las cuestiones relacionadas con la TBM son muy importantes pero no son las únicas a tener en cuenta y constituye un factor más a estudiar. Se deja abierta la discusión para un análisis a profundidad de este factor en otros estudios de este tipo, debido a su importancia y al poco conocimiento que se tiene de su comportamiento en construcciones de metro.

El factor sindical dentro del contexto que se analizó es indudablemente de suma importancia para la comprensión de la productividad dentro del proyecto, debido a que la organización sindical en Venezuela tiene gran poder de decisión dentro del sector de la construcción, por lo que la afectación de las decisiones de los sindicatos dentro del desarrollo de la obra fue de gran influencia, al analizar el factor a la luz de diferentes proyectos a nivel mundial, se puede ver que en países como Turquía, (Kazaz & Ulubeyli, 2007) donde se tiene una organización sindical similar a la Venezolana, no es de gran importancia el factor sindical para el desarrollo de la productividad, por el contrario se tienen factores como oportunidad de la remuneración; importe de la remuneración y el seguro social con mayor peso que el mismo sindicato, por lo cual no se podría generalizar dicho factor en proyectos de metro, lo que lleva

nuevamente a la limitación dada por el contexto en el cual se desarrollan los proyectos debido a la particularidad de los mismos.

En cuanto a los criterios de verificación del método de investigación, la verificación interna y del constructo se logró gracias al análisis detallado de las fuentes de información, donde las evidencias mostraban la relación causa y efecto entre los factores identificados (variables independientes) y la productividad (variable dependiente), soportando las relaciones en los hallazgos resultantes de la triangulación de la información.

Con respecto a la verificación externa, se debe decir que la generalización analítica es un proceso diferente al de la generalización estadística en el sentido que se refiere a la generalización que se hace desde la observación empírica hacia una teoría, en vez de una población (Páez, 2016), por lo que es dejar en claro que la generalización de esta investigación se debe entender como un todo, el contexto en el cual se desarrolló el proyecto y el proyecto en sí, ya que es, ese análisis global el que permite entender y explicar el modelo propuesto.

Como último criterio de verificación para poder cumplir con la rigurosidad requerida en por el método de estudio, está la confiabilidad, que se puede verificar únicamente con la transparencia y disponibilidad el acceso a toda la información analizada en el trabajo de investigación, lo anterior con el fin de dejar una puerta abierta a futuras investigación de productividad en obras de infraestructura como es la construcción de un metro y que se pueda comprobar en dado momento que los resultados obtenidos serán los mismo si se realizará un estudio de las mismas características.

Con respecto a la naturaleza de la información en general, se presenta una gran limitación, debido a que son de tipo subjetivo, pues en el caso de las entrevistas y los grupos focales los datos se obtienen y analizan a partir de vivencias y experiencias de personas lo que genera perspectivas únicas, que imprimen un grado de complejidad al momento de generar juicios o establecer relaciones entre variables. Por otra parte, en cuanto a los libros de obras de las estaciones, no se tiene la certeza que el total analizado correspondan a todos los registros que se generaron durante los años de trabajo del proyecto.

Conclusiones

Teniendo en cuenta la pregunta de investigación y objetivos, en primera instancia se logró cumplir el objetivo general y, a su vez, resolver la pregunta de investigación que estaba ligada directamente a dicho objetivo; el cual consistía en explicar, mediante un modelo conceptual, cómo afectaron el gobierno y los sindicatos la variación de la productividad durante la ejecución de la Línea II del Metro de Caracas. Lo anterior teniendo en cuenta que el modelo propuesto, como representación gráfica de la estructura interrelacionada establecida entre factores, goza de claridad y consistencia con la realidad del proyecto; como pudo verificarse en la etapa final del estudio.

Se logró representar claramente los dos factores principales o determinantes del desarrollo del proyecto, como lo son el papel del gobierno y de los sindicatos; de los cuales emergen la mayoría de las relaciones del modelo y sin duda son los factores que generan mayor influencia sobre la productividad. Con lo anterior se evidencia la importancia de incluir factores externos y de contexto para los estudios de productividad; sobre todo en proyectos de carácter público, en donde su influencia puede garantizar o no el éxito del mismo.

Se identificaron 19 factores que afectaron la productividad en el caso de estudio y la manera en que se dio dicha afectación. Con base en las fuentes de información analizadas, se generaron un total de 35 relaciones, directas, intermedias, positivas, negativas, en doble sentido y en un solo sentido entre estos factores; dependiendo del comportamiento y sobre todo la relación causa y efecto generada. Es importante resaltar que se identificaron factores tanto externos como internos en donde, cómo se mencionó anteriormente, el contexto fue determinante para esta identificación.

Se construyó la propuesta de modelo conceptual, que constituye el resultado principal de la investigación. En la construcción de este modelo se tuvo en cuenta factores que se relacionaban de forma directa con la productividad y también aquellos de tipo intermedio presentes en la mayoría de las relaciones y que obedecen al alto grado de complejidad del contexto en el cual se realizó el proyecto. Este modelo conceptual fue elaborado mediante la triangulación de la información proporcionada tanto por el consorcio a cargo de la construcción

del proyecto como por medio de la aplicación de la metodología de grupos focales, la cual fue desarrollada con personal que trabajó en el proyecto, en los diferentes niveles jerárquicos de la organización, y siguiendo rigurosamente los criterios y lineamientos del enfoque de investigación cualitativa.

Se realizó la verificación del modelo mediante el grupo focal II como fuente de información que soportó los cambios importantes para garantizar el modelo resultante y definitivo que representó la realidad del comportamiento de la productividad en el proyecto. Dentro de estos cambios se pudo evidenciar que la calidad es un factor que siempre debe considerarse importante cuando se habla de productividad; pues no solo se trata de terminar las obras a tiempo establecido o con el presupuesto disponible, sino de terminarlas con estándares que garanticen la estabilidad y vida útil de las mismas. Por otro lado, la demora en el pago a los trabajadores, generalmente ocasionan contratiempos en las obras; sin embargo, es muy importante diferenciar los pagos a los trabajadores y los pagos al constructor, pues indudablemente nacen de factores independientes y generan efectos diferentes a la productividad dependiendo los factores intermedios que se relacionen con ellos.

Se evidencio, por medio de la verificación del modelo, la relación positiva y significativo aporte que generaron los subcontratistas a la aplicación de cambios en diseño (rediseños) en aras de elevar los índices de productividad; lo cual se pudo considerar como un reflejo de la experiencia y trayectoria del personal que laboró en el proyecto y como la posibilidad que brinda el Consorcio Línea II, dentro de sus políticas organizacionales, de tener en cuenta la opinión de todos los actores del proyecto.

Se evidenció que, a nivel mundial, las investigaciones de la productividad están mayormente enfocadas a edificaciones; a nivel de infraestructura solo pudo encontrarse algunas dirigidas a construcciones de vías y otras, en menor medida, a la construcción de túneles. El aporte de esta investigación al estado del arte sobre productividad es cubrir la necesidad de análisis a nivel de proyecto, específicamente en la construcción de un metro en una ciudad capital.

La construcción de un metro conlleva una serie de actividades que deben ser analizadas de forma global para su comprensión. Por esta razón se debe hacer un gran énfasis en el análisis

del proyecto como tal ya que, como se pudo ver en el desarrollo de esta investigación, los factores externos tienen gran influencia en el comportamiento de la productividad. Es aquí donde se debe dejar enmarcado el aporte a futuras investigaciones de proyectos de esta índole.

Esta investigación representa una contribución importante para el estudio de la productividad en la construcción de metros en una ciudad capital y es punto de consulta para conocer los factores y su comportamiento en pro de la misma. El caso de estudio tomado puede asimilarse a futuros proyectos de Metro, como podría ser el caso de Bogotá, con el que se deja abierta la puerta para desarrollar un modelo que involucre factores del contexto colombiano.

Es importante tener en cuenta que no se debe incurrir en la generalización de los factores y resultados de este estudio, puesto que los resultados obedecen a características particulares en las que se desarrolló el proyecto. Sin embargo, se posibilita la discusión y el planteamiento de comparaciones con estudios realizados en otras áreas de la ingeniería, en contextos con algunas similitudes.

En los factores ya mencionados, es importante resaltar cómo el factor Gobierno y el sindicato son dos de los grandes actores dentro del modelo. Indiscutiblemente, el Gobierno en Venezuela tenía, por ejemplo, una gran injerencia en las fechas de entrega ya que estas eran inamovibles; por otro lado, las decisiones de los sindicatos eran apoyadas en su gran mayoría por parte del gobierno. Estas fueron características del país que afectaron notablemente los niveles de productividad. Lo anteriormente expuesto puede ser reforzado con el estudio realizado por Enshassi, Kochendoerfer, & Abed (2013), quienes analizaron las tendencias para optimizar la productividad en los proyectos de construcción en Palestina; lugar en donde los cierres, dificultades económicas y la grave situación política son determinantes en la baja productividad que presenta la industria en la franja de Gaza. Esto nos permite concluir que los efectos generados por la situación de un país no son independientes a los proyectos de construcción y al éxito o fracaso de los mismos, teniendo implicaciones importantes en la industria en general.

En el caso venezolano, al tener un gobierno centralizado y atípico, las acciones y determinaciones de éste repercuten directamente en sus proyectos bandera, bien sea positiva o negativamente; y en el modelo propuesto esta realidad es plasmada claramente mediante las muchas evidenciadas pérdidas de productividad relacionadas con decisiones o motivos políticos.

Por último, se considera de gran importancia trabajar en la continuidad de este tipo de investigaciones, vistas como la posibilidad de generar un modelo con factores medidos cuantitativamente y que consideren las particularidades del lugar donde se desarrollen; esto con el fin de llegar a plantear predicciones en el comportamiento de los factores que intervienen en la productividad, y de esta manera se puedan construir y aplicar los correctivos necesarios para el buen desarrollo de los proyectos de infraestructura.

El aporte generado por la investigación puede llegar a ser un referente para analizar la productividad en proyectos de construcción de metros en ciudades con densidad poblacional alta (e.g Bogotá), los cuales en estos tiempos son necesarios para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Anexos

Inventario de fuentes de información

Tipo de información	Cantidad		Fuente de información
Entrevistas	3	Félix Maldonado (Topógrafo Odebrecht), Ing. Richard Mendoza (Odebrecht De Planta), Ing. Rafael Álvarez (Subcontratista Ociven)	Contactos logrados por las autoras de esta investigación.
Cuestionarios Exploratorios	13	Ing. Antonio Hora (Gerente de Producción, Odebrecht), Ing. Juan Rovira (jefe de sala técnica, Ociven), Ing. Jesús Jeanty (Residente Constructora Manda), Danys Javier Brusco (Ayudante, Ociven), Néstor Goudet (Coordinador de obra, Branfor), Ever Viloría (Carpintero, Ociven), Arcenio Villadiego (Carpintero, Ociven), Rafael Añez (Maestro de obra. Ociven), David Abilleira (Director, Ociven), Ángel Hidalgo (Maestro, Ociven), Alirio Yépez (Maestro, Ociven), Jani Matos (Maestro varilla), Leonel Cárdenas (Residente de producción, Odebrecht)	Contactos logrados por las autoras de esta investigación.
Medios de comunicación	4	Revista Odebrecht Diario El Avance, Diario El Universal, Diario La Patilla, Diario Contra Punto.	Web site de Google news paper
Libros de obra	2655	Estación Guaicaipuro e Independencia	Contactos con el personal de Odebrecht y Vinccler.

Base de datos factores identificados en libros de obra

Disponibles en

<https://www.dropbox.com/sh/gzz712iww9imr73/AADYv4cvnbk2ENJV0Cz1FYDpa?dl=0>

Cuestionarios aplicados

Disponibles en

<https://www.dropbox.com/sh/gzz712iww9imr73/AADYv4cvnbk2ENJV0Cz1FYDpa?dl=0>

Inventario medios de comunicación revisados

Disponible en

<https://www.dropbox.com/sh/gzz712iww9imr73/AADYv4cvnbk2ENJV0Cz1FYDpa?dl=0>

Registro fotográfico y filmico del Proyecto

Disponible en

<https://www.dropbox.com/sh/gzz712iww9imr73/AADYv4cvnbk2ENJV0Cz1FYDpa?dl=0>

Referencias

- Abdanur, D., & Vasallo, M. (2012). 3er congreso brasilero de túneles y estructuras subterráneas. Sao Paulo.
- Alpuche, R. (2004). *El impacto de la calidad total y la productividad en empresas de construcción*
- ASTM E1557 - standard classification for building elements and related Sitework—UNIFORMAT II, ASTM E1557, (2009).
- ASTM E2691 - standard practice for job productivity measurement, ASTM E2691, (2011).
- Antunes, M. (2009, Un basta a las colas. *Odebrecht Informa*, 140, 31-35.
- Botero, L., & Álvarez, M. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (lean construction como estrategia de mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT*, 40(136), 50-64.
- C.A. Metro Los Teques. (2016). Proyectos. Retrieved from <http://www.metrolosteques.gob.ve/Texto/Proyectos.html>
- Cañizales, M., & Sansone, R. (2012, 16 de Diciembre de 2012). La nueva estación del metro los teques abrió incompleta. *Diario El Universal*
- Cepeda, G. (2007). *La calidad de los métodos de investigación cualitativa: Principios de aplicación práctica para estudios de caso*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Dai, J., Goodrum, P., Maloney, W., & Srinivasan, C. (2009). Latent structures of the factors affecting construction labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(5), 397-406. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:5(397)

De Grange, L. (2010), El gran impacto del metro. *Revista EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales*, 36, 125-131.

Diario El Avance. (2014a, 06 de agosto de 2014). 80 obreros del metro en carrizal se van a paro. *Diario El Avance*

Diario El Avance. (2014b, 25 de Mayo de 2014). Apareció el cemento pero solo para el metro
Diario El Avance

Diario El Avance. (2014c, 15 de febrero de 2014). Botaron a 60 empleados de contratista del metro.
Diario El Avance

Ellis, R., & Lee, S. (2006). Measuring project level productivity on transportation projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(3), 314-320. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:3(314)

Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Abed, K. (2013). Tendencias para optimizar la productividad en los proyectos de construcción en palestina. *Revista Ingeniería De Construcción*, 28(2)
doi:10.4067/S0718-50732013000200005

Gibbert, M., Ruigrok, W., & Wicki, B. (2008). Research notes and commentaries what passe as a rigorous case study? *Strategic Management Journal*, , 1465-1474.

Google Maps. (2016). Retrieved from

<https://www.google.es/maps/place/Los+Teques+1201,+Miranda,+Venezuela/@10.4558227,-67.0723059,11z/data=!4m5!3m4!1s0x8c2a8cfc2983b6f3:0x8aa18fdf683af211!8m2!3d10.349223!4d-67.0345443>

Herrenknecht. (2012). Mecanizado de túneles en mega ciudades, soluciones específicas para proyectos y desafíos. Cordoba, Argentina.

Hollerman, S. (2015). Important construction constraints in constraint simulation. California USA.

Jarkas, A., & Bitar, C. (2012). Factors affecting construction labor productivity in kuwait. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(7), 811-820. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000501

Kazaz, A., & Ulubeyli, S. (2007). Drivers of productivity among construction workers: A study in a developing country. *Building and Environment*, 42(5), 2132-2140.

doi:<http://dx.doi.org.ezproxy.uniandes.edu.co:8080/10.1016/j.buildenv.2006.04.020>

La Patilla. (2016). Protestan por falta de agua en la panamericana. Retrieved from

<http://www.lapatilla.com/site/2016/01/21/protestan-por-falta-de-agua-en-la-panamericana/>

Liu, J., Shahi, A., Haas, C., Goodrum, P., & Caldas, C. (2014). Validation methodologies and their impact in construction productivity research. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(10), 04014046. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000882

Maqsoom, A., Charoengam, C., & Awais, M. (2013). Internationalization process of pakistani contractors: An exploratory study. (pp. 59-72) American Society of Civil Engineers.

doi:doi:10.1061/9780784413135.006

Mella, O. (2000). *Grupos focales ("FOCUS GROUPS")*. técnica de investigación cualitativa.

Unpublished manuscript.

Metro Caracas C.A. (2016a). Retrieved from <https://www.metrodecaracas.com.ve>

Metro Caracas C.A. (2016b). Historia metro de caracas. Retrieved from

<https://www.metrodecaracas.com.ve>

Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa - guía didáctica*. Neiva:

Universidad Surcolombiana.

Monzón, R. (2009). *Estimación de pérdidas de productividad laboral en compensación de costos en un proyecto de construcción de la provincia de llanquihue*

Morales, S. (2015). Manifestación cerró la carretera vieja caracas - los teques. Retrieved from

<http://contrapunto.com/noticia/manifestacion-cerro-la-carretera-vieja-caracas-los-teques/>

Nasirzadeh, F., & Nojedehi, P. (2013). Dynamic modeling of labor productivity in construction projects.

International Journal of Project Management, 31(6), 903-911.

doi:<http://dx.doi.org.ezproxy.uniandes.edu.co:8080/10.1016/j.ijproman.2012.11.003>

Nuestro Metro. (2016). Historia del metro de caracas. Retrieved from [http://nuestrometro.es.tl/Historia-](http://nuestrometro.es.tl/Historia-del-Metro-de-Caracas.htm)

[del-Metro-de-Caracas.htm](http://nuestrometro.es.tl/Historia-del-Metro-de-Caracas.htm)

Odebrecht. (2014). Metro los teques línea II. Retrieved from [http://www.ve.odebrecht.com/metro-los-](http://www.ve.odebrecht.com/metro-los-teques-linea-II.php)

[teques-linea-II.php](http://www.ve.odebrecht.com/metro-los-teques-linea-II.php)

Páez, H. (2016). *Emprendimiento institucional en la decisión de implementar dos planes de desarrollo:*

La operación colombia (1960-61) y el plan de las cuatro estrategias (1971-72)

Palacios, J. (2011, Productividad en edificaciones. *Domus*, , 26-27.

Porras, H., Sánchez, O., & Galvis, J. (2014, Filosofía lean construction para la gestión de proyectos de

construcción: Una revisión actual. *Avances Investigaciones En Ingeniería*, , 32-53.

Ley orgánica del trabajo, (2012).

Riggs, J. L. (2001). *Sistemas de producción: Planeación análisis y control*. Limusa: Noriega Editores.

Rivas, R., Borcharding, J., González, V., & Alarcón, L. (2011). Analysis of factors influencing productivity using craftsmen questionnaires: Case study in a chilean construction company. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(4) doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000274

Rodríguez, G., Gil, J., & García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Granada: Ediciones Aljibe.

SIBCI. (2013). Estación independencia del metro los teques será inaugurada hoy. Retrieved from <http://www.vive.gob.ve/actualidad/noticias/estación-independencia-del-metro-los-teques-será-inaugurada-hoy>

Song, L., & AbouRizk, S. (2008). Measuring and modeling labor productivity using historical data. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(10), 786-794.
doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:10(786)

Torres, A. (2014, 18 de junio de 2014). Filtraciones en estación independencia siguen cruidas. *Diario El Avance*

Wan, S. K. M., Kumaraswamy, M., & Liu, D. T. C. (2013). Dynamic modelling of building services projects: A simulation model for real-life projects in the hong kong construction industry. *Mathematical and Computer Modelling*, 57(9–10), 2054-2066.
doi:<http://dx.doi.org.ezproxy.uniandes.edu.co:8080/10.1016/j.mcm.2011.06.070>

Werner, M., & AbouRizk, S. (2015). Simulation case study: Modelling distinct breakdown events for a tunnel boring machine excavation. California, USA.

Yi, W., & Chan, A. (2014). Critical review of labor productivity research in construction journals.

Journal of Management in Engineering, 30(2), 214-225. doi:10.1061/(ASCE)ME.1943-

5479.0000194

Yin, R. K. (Ed.). (2009). *Case study research: Design and methods* (4ta ed.). Londres: Sage.