

**APLICACIÓN DE LA TÉCNICA JUSTO A TIEMPO PARA LA REDUCCIÓN DE  
COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA URBANA**

**FABIÁN ALBERTO SUÁREZ SÁNCHEZ**

**UNIVERSIDAD DEL NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
ESPECIALIZACIÓN EN FINANZAS  
SAN JUAN DE PASTO  
2006**

**APLICACIÓN DE LA TÉCNICA JUSTO A TIEMPO PARA LA REDUCCIÓN DE  
COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA URBANA**

**FABIÁN ALBERTO SUÁREZ SÁNCHEZ**

**Trabajo de grado para optar  
al título de Especialista en Finanzas**

**Director: Dr. Carlos Arturo Ramírez**

**UNIVERSIDAD DEL NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
ESPECIALIZACIÓN EN FINANZAS  
SAN JUAN DE PASTO  
2006**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, agosto de 2006

Dedico este trabajo a mi Familia, mi abuela Alba Fajardo de Sánchez, mis hermanas Ana Milena Suárez y Elsa Leonor Suárez, y a mis dos sobrinos Carlos Felipe Amezquita y Maria Camila Rosero. Ellos constituyen la parte más Importante de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por ser mi guía y mi apoyo. A Maria Auxiliadora por su amor de madre.

Además, quiero expresar mi gratitud a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño, hoy Ingenieros Civiles, José Wilson Peña Paz y Gustavo Barrera Herrera, quienes contribuyeron con este trabajo de grado a través de la recolección de datos y el análisis básico de los mismos, de las obras de vivienda en la Ciudad de Pasto que aquí se mencionan. Gracias a su empeño y dedicación este trabajo llego a feliz término.

El proyecto nació de discusiones nuestras hace aproximadamente dos años, acerca de estudiar un tema como trabajo de grado, que sirviera tanto para ellos en su carrera de pregrado como para mi en mis estudios de postgrado; estando bajo mi dirección, asesoría y revisión, para de esta manera aprovechar la sinergia que el trabajo en equipo podría generar.

Por otra parte, quiero agradecer al Doctor Carlos Arturo Ramírez por sus directrices en la elaboración final de este informe.

## **RESUMEN**

Debido al gran impacto que tiene la construcción de vivienda urbana en el crecimiento económico del país, más aún cuando Colombia es un país en desarrollo, en donde los recursos son escasos y por lo tanto se debe optimizar su manejo, se orientó este trabajo de grado, a la aplicación de la técnica justo a tiempo en esta área de la ingeniería civil. El proceso comienza con un estudio económico realizado por la Cámara Colombiana de la Construcción acerca del aporte significativo de la actividad, para después de una descripción de los tipos de costos en que se incurre, entrar a analizar la técnica JAT, su relación con los procesos de calidad total y la manera de implantarla en cada una de las etapas de la construcción. Con toda esta información, se escogieron dos proyectos actuales de vivienda en la Ciudad de San Juan de Pasto, para llevar la teoría a la práctica y con la recolección de información de cada uno de ellos y su análisis, obtener conclusiones financieras que demuestran que en los procesos constructivos todavía hay mucho para hacer y acercarse de esta forma un poco más a la relación ideal que debe existir entre el capital invertido y los beneficios obtenidos.

Palabras claves: justo a tiempo, San Juan de Pasto, procesos constructivos

## **ABSTRACT**

Because to great impact that has the construction of urban house in economic growth of the country, still more if Colombia is a developing country, with limited resources and therefore its handling is due to optimize, this degree work was oriented to the application of just in time technique in this area of civil engineering. The process begins with an economic study made by la Cámara Colombiana de la Construcción about the important contribution of this activity, for after a description of the types of costs that are necessities; go on with the JIT technique analysis, its relation with the total quality process and the way to implant it in each one of the stages of construction. With all this information, two present projects were chosen in the city of San Juan de Pasto to pass of the theory to the practice and with the harvesting of information in each project and its analysis, to get financial conclusions that they demonstrate how in the construction process there is much to do and to approach of this way to the ideal relation that must exist between the invested capital and the obtained benefits.

Key words: just in time, San Juan de Pasto, construction process

## CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN.....	18
1. IMPACTO DE LA EDIFICACIÓN DE LA VIVIENDA EN COLOMBIA.....	19
1.2 IMPACTO DE LA EDIFICACIÓN DE VIVIENDA.....	19
1.3 LA CADENA DE PRODUCCIÓN.....	19
1.4 EL VALOR AGREGADO.....	20
1.5 EL MULTIPLICADOR DE LA INVERSIÓN.....	22
1.6 POLÍTICA HABITACIONAL EN COLOMBIA.....	23
1.7 PARTICIPACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL COMERCIO EXTERIOR DE COLOMBIA.....	23
2. COSTOS DE LA CONSTRUCCIÓN.....	25
2.1 COSTOS DE LA EDIFICACIÓN.....	25
2.1.1 Costos de materiales y mano de obra (costos directos).....	25
2.1.2 Costos de honorarios, impuestos y derechos (costos indirectos).....	26
2.2 COSTOS DE ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA DEL PROYECTO.....	27
2.2.1 Costos financieros.....	27
2.2.2 Costos de ventas.....	27
3. INTRODUCCIÓN AL JUSTO A TIEMPO.....	31
3.1 ¿QUE ES EL JUSTO A TIEMPO?.....	31
3.1.1 Definición.....	31
3.1.2 Objetivo.....	31



3.2 COMO EL JAT PUEDE AYUDAR A LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	32
3.2.1 Materiales.....	32
3.2.2 Herramientas y equipos.....	33
3.2.3 Inventarios.....	33
3.3 FASES PARA APLICAR EL JAT.....	34
3.3.1 Primera fase: como poner el sistema en marcha.....	34
3.3.2 Segunda fase: mentalización clave del éxito.....	35
3.3.3 Tercera fase: mejorar procesos.....	36
3.3.4 Cuarta fase: mejoras en el control.....	36
3.3.5 Quinta fase: relación cliente – proveedor.....	37
3.4 ELEMENTOS DEL JAT.....	37
3.4.1 Los 7 pilares del JAT.....	37
4. EL JAT Y LA ADMINISTRACIÓN DE LOS MATERIALES.....	39
4.1 PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE LOS MATERIALES (PRM)....	39
4.2 LOS SISTEMAS DE HALAR Y DE EMPUJE.....	42
4.2.1 Programación de los materiales en un sistema de halar.....	42
4.3 ESTABILIDAD DE LOS CRONOGRAMAS.....	43
4.4 MOVIMIENTO DE MATERIALES EN OBRA.....	43
4.4.1 Salida de materiales.....	43
4.5 INVENTARIOS DE SEGURIDAD.....	43
4.6 EL SISTEMA DE HALAR APLICADO EN LOS MATERIALES EN OBRA: EL CONCEPTO KANBAN.....	44

4.6.1 Actividades subsecuentes y precedentes.....	44
4.6.2 Reglas básicas del Kanban.....	45
4.7 EL DESPERDICIO DEL TIEMPO.....	46
4.7.1 El flujo de materiales y el desperdicio del tiempo.....	46
5. EL JAT Y LOS PROVEEDORES.....	48
5.1 GESTIÓN DE COMPRAS.....	48
5.2 LA ACTIVIDAD DE COMPRAS.....	48
5.3 REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN PROGRAMA.....	49
5.4 DEVOLUCIÓN DE MATERIALES A LOS PROVEEDORES.....	50
6. EL JAT Y EL CONTROL TOTAL DE CALIDAD.....	51
6.1 LA CALIDAD Y EL JAT EN UN PROGRAMA CTC.....	51
6.2 NEXO ENTRE LA CALIDAD Y EL JAT.....	51
6.2.1 Variabilidad, reguladores y costos de calidad.....	51
6.2.2 Herramientas del análisis de procesos.....	52
6.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL.....	55
6.3.1 Evaluación y toma de conciencia.....	55
6.3.2 Organización para la calidad.....	56
6.3.3 Educación y capacitación.....	56
6.3.4 Participación de los empleados.....	56
6.4 GESTIÓN DE LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....	57
6.5 DIFICULTADES PARA LA IMPLANTACIÓN DE LA CALIDAD.....	59
6.6 COSTOS DE LA CALIDAD.....	59
6.6.1 Tipos de costos de calidad.....	59

6.6.2 Medición de los costos de calidad.....	60
7. ANÁLISIS DE PROYECTOS DE VIVIENDA URBANA EN LA CIUDAD DE PASTO.....	62
7.1 LOCALIZACIÓN Y PRESUPUESTO DE CADA PROYECTO.....	62
7.1.1 CONDOMINIO SANTIAGO.....	63
7.1.2 URBANIZACIÓN NIZA III ETAPA II.....	63
7.2 ANÁLISIS DE INCONVENIENTES PRESENTADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONDOMINIO SANTIAGO.....	64
7.2.1 Costos adicionales con respecto al presupuesto en el Condominio Santiago.....	67
7.2.2 Costos adicionales con respecto al valor total de la obra ejecutada en el Condominio Santiago.....	72
7.3 ANÁLISIS DE INCONVENIENTES PRESENTADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA URBANIZACIÓN NIZA III –ETAPA II.....	77
7.3.1 Costos adicionales con respecto al presupuesto en la Urbanización Niza III Etapa II.....	81
7.3.2 Costos adicionales con respecto al valor total de la obra ejecutada en Niza III Etapa II.....	87
8. IMPACTO FINANCIERO DE APLICAR LA TÉCNICA JAT A LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA URBANA.....	91
8.1 PUNTO DE EQUILIBRIO.....	92
8.1.1 Análisis financiero de la obra Niza III Etapa II.....	94
8.1.2 Análisis financiero de la obra Condominio Santiago.....	99

8.2 APALANCAMIENTO OPERATIVO.....	101
8.2.1 Sensibilidad del GAO.....	102
8.3 MARGEN DE SEGURIDAD.....	103
8.4 APALANCAMIENTO FINANCIERO.....	104
8.4.1 Sensibilidad del GAF.....	105
8.5 APALANCAMIENTO TOTAL O COMBINADO.....	110
8.5.1 Sensibilidad del GAT.....	110
9. CONCLUSIONES.....	113
10. RECOMENDACIONES.....	114
BIBLIOGRAFÍA.....	115

## LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Relación de los productos de exportación y los países de envío.....	24
Tabla 2. Ejemplo de costos en la construcción de vivienda urbana.....	28
Tabla 3. Ejemplo de análisis de costos en la construcción de vivienda urbana.....	29
Tabla 4. Ejemplo de análisis de costos generales en la construcción de vivienda urbana.....	30
Tabla 5. Comparación entre las soluciones tradicionales y las soluciones JAT en el inventario.....	34
Tabla 6. Características de las JAT.....	48
Tabla 7. Costos Condominio Santiago.....	63
Tabla 8. Costos de Niza III Etapa II.....	64
Tabla 9. Cuadro general de costos de mano de obra 2004.....	64
Tabla 10. Inconvenientes y elementos implicados según bitácora Condominio Santiago.....	65
Tabla 11. Cálculo de las pérdidas administrativas del Condominio Santiago.....	68
Tabla 12. Duración real y JAT del Condominio Santiago.....	69
Tabla 13. Costos de construcción con una administración convencional vs. una administración aplicando JAT en el Condominio Santiago.....	73
Tabla 14. Cuadro general de costos de mano de obra 2003 – 2004.....	77
Tabla 15. Inconvenientes y elementos implicados según bitácora Urbanización Niza III Etapa II.....	78
Tabla 16. Cálculo de pérdidas administrativas en Niza III Etapa II.....	82
Tabla 17. Duración real de la construcción Urbanización Niza III Etapa II y duración de la administración aplicando JAT.....	83
Tabla 18. Costos de construcción con una administración tradicional vs una administración aplicando JAT en Niza III Etapa II.....	87
Tabla 19. Diferencia entre el valor del presupuesto inicial y la aplicación de la JAT en los proyectos en estudio.....	91
Tabla 20. Diferencia entre el valor de la obra ejecutada y la aplicación de la técnica JAT en los proyectos en estudio.....	91
Tabla 21. Cálculo del valor de la disminución en los costos variables con la aplicación del JAT en los proyectos en estudio.....	93
Tabla 22. Cálculo del valor de la disminución en los costos fijos con la aplicación del JAT en los proyectos en estudio.....	93
Tabla 23. Distribución de los costos de la obra Niza III Etapa II ejecutada.....	94
Tabla 24. Distribución de los costos de la obra Condominio Santiago Ejecutada.....	94
Tabla 25. Análisis de cambios en el estado de resultados en Niza III Etapa II por disminución en los costos fijos.....	98

Tabla 26. Análisis de cambios en el estado de resultados en Niza III Etapa II por disminución en los costos variables.....	99
Tabla 27. Análisis de cambios en el estado de resultados en Niza III Etapa II por disminución en los costos totales.....	99
Tabla 28. Análisis de cambios en el estado de resultados en el Condominio Santiago por disminución en los costos fijos.....	100
Tabla 29. Análisis de cambios en el estado de resultados en el Condominio Santiago por disminución en los costos variables.....	100
Tabla 30. Análisis de cambios en el estado de resultados en el Condominio Santiago por disminución en los costos totales.....	101
Tabla 31. Análisis de cambios en el apalancamiento operativo de ambas obras por disminución en los costos fijos.....	102
Tabla 32. Análisis de cambios en el apalancamiento operativo de ambas obras por disminución en los costos variables.....	102
Tabla 33. Análisis de cambios en el apalancamiento operativo de ambas obras por disminución en los costos totales.....	102
Tabla 34. Análisis de cambios en el margen de seguridad de ambas obras por disminución en los costos fijos.....	103
Tabla 35. Análisis de cambios en el margen de seguridad de ambas obras por disminución en los costos variables.....	103
Tabla 36. Análisis de cambios en el margen de seguridad de ambas obras por disminución en los costos totales .....	104
Tabla 37. UAll para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos iniciales en el Condominio Santiago.....	105
Tabla 38. GAF para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos iniciales en el Condominio Santiago.....	106
Tabla 39. UAll para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos disminuidos en el Condominio Santiago.....	106
Tabla 40. GAF para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos disminuidos en el Condominio Santiago.....	107
Tabla 41. Diferencias en las utilidades netas por apalancamiento financiero con los diferentes costos en el Condominio Santiago.....	107
Tabla 42. UAll para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos iniciales en Niza III Etapa II.....	108
Tabla 43. GAF para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos iniciales en Niza III Etapa II.....	108
Tabla 44. UAll para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos disminuidos en Niza III Etapa II.....	109
Tabla 45. GAF para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos disminuidos en Niza III Etapa II.....	109
Tabla 46. Diferencias de incrementos en las utilidades netas por apalancamiento financiero con los diferentes costos en Niza III Etapa II.....	110
Tabla 47. GAT para los costos iniciales y los costos disminuidos para el Condominio Santiago.....	110
Tabla 48. Incremento en las utilidades netas por apalancamiento total en el Condominio Santiago.....	111

Tabla 49. GAT para los costos iniciales y los costos disminuidos para  
Niza III Etapa II.....111

Tabla 50. Incremento en las utilidades netas por apalancamiento total en  
Niza III Etapa II.....111

## LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Edificación: participación de los sectores en la producción.....	20
Figura 2. Edificación: participación de los insumos y del valor agregado de la producción.....	21
Figura 3. Edificación: distribución del valor agregado.....	21
Figura 4. Valor agregado originado en obra y en consumo de hogares por peso invertido.....	22
Figura 5. Inconvenientes en la ruta de colocación del ladrillo.....	34
Figura 6. Línea de aplicación del JAT en la construcción.....	35
Figura 7. Programa de fabricación y flujo de materiales en un sistema Jalon.....	40
Figura 8. Flujo de procesos subsecuentes y precedentes.....	45
Figura 9. Grafico de Pareto.....	52
Figura 10. Diagrama de espina de pescado.....	53
Figura 11. Diagrama de control.....	54
Figura 12. Diagrama de dispersión.....	55
Figura 13. Proceso tradicional de inspección en la construcción.....	57
Figura 14. Costo total de un proyecto.....	58
Figura 15. Analisis y mejoramiento en la gestión de la calidad.....	58
Figura 16. Localización del Condominio Santiago.....	62
Figura 17. Localización de Niza III Etapa II.....	63
Figura 18. Duración esperada en el cronograma de actividades de la construcción del Condominio Santiago.....	70
Figura 19. Diferencia en la duración de la obra Condominio Santiago en tiempo real y aplicando JAT.....	71
Figura 20. Diferencia en la duración total entre la administración convencional y la administración JAT del Condominio Santiago.....	72
Figura 21. Flujo de inversión mensual del proyecto Condominio Santiago sin la aplicación JAT.....	74
Figura 22. Diferencia del flujo mensual de fondos por administración convencional y administración aplicando JAT al proyecto Condominio Santiago.....	75
Figura 23. Diferencia total en costos de la administración convencional y la administración aplicando JAT al Condominio Santiago.....	76
Figura 24. Duración esperada en el cronograma de actividades de la construcción Niza III Etapa II.....	84
Figura 25. Diferencia en la duración de la obra Urbanización Niza III Etapa II en tiempo real y aplicando JAT.....	85
Figura 26. Diferencia de la duración total entre la administración convencional y la administración JAT en la Urbanización Niza III Etapa II.....	86



Figura 27. Flujo de fondos mensuales del proyecto Niza III Etapa II sin aplicación JAT..... 88

Figura 28. Diferencia del flujo mensual de fondos por la administración convencional y la administración aplicando el JAT en Niza III Etapa II..... 89

Figura 29. Diferencia total en costos entre la administración convencional y la administración aplicando JAT en Niza III Etapa II..... 90

Figura 30. Grafica del punto de equilibrio..... 96

## INTRODUCCIÓN

El concepto de justo a tiempo nació poco después de la segunda guerra mundial. Las dos décadas siguientes a este suceso, se caracterizaron por una competencia internacional de los países por posicionar sus productos, y los Estados Unidos tenían el poder en este campo, ya que poseían la mayor parte de los recursos y capacidades técnicas requeridas. En la década de los 60 las firmas japonesas poco a poco se fueron introduciendo en el mercado americano con copiadoras y motocicletas. Para mediados del decenio de los 70, el campo de batalla se había extendido moderadamente, y los competidores extranjeros estaban retando la posición competitiva de las firmas de los Estados Unidos. El predominio de este país, en los mercados comenzó a erosionarse debido a los bajos costos de la mano de obra de los países del sudeste asiático que atraieron a los productores norteamericanos, los japoneses aprendieron, y empezaron a producir artículos de superior calidad a precios más atractivos. Los japoneses renunciaron a beneficios a corto plazo con el fin de posicionar sus productos.

Hace treinta años, Joseph M. Juran y Edwards Deming, empezaron a trabajar con los japoneses al no encontrar ejecutivos estadounidenses interesados en mejorar la calidad de producción, los costos mas bajos de los productos japoneses, fuera de los tipos de cambio de moneda, no dependen de los salarios mas bajos; se originan en la utilización eficaz de los recursos de producción: mano de obra, materia prima y dinero.

Las firmas japonesas como Toyota adoptaron el enfoque justo a tiempo / control de calidad (JAT / CTC) de la fabricación hace ya casi treinta años, En cambio las firmas de los Estados Unidos empezaron a emplear estas técnicas apenas hacia 1980. La filosofía JAT comenzó a filtrarse al Canadá y a Europa, especialmente por medio de divisiones de empresas norteamericanas, alrededor de 1982 o 1983, y aproximadamente en 1985 comenzó a aparecer en Centro y Suramérica, también por medio de divisiones de empresas norteamericanas.

Hoy en día, la aplicación del JAT es de gran utilidad y muchas compañías lo aplican para reducir sus costos a través del mejoramiento de sus procesos. Este trabajo, realizado en dos obras de La Ciudad de Pasto, analiza la ventaja de la aplicación del JAT en la construcción de la vivienda urbana, tema del cual no existe mucha documentación, lo cual lo hace innovador e interesante.

## 1. IMPACTO DE LA EDIFICACIÓN DE VIVIENDA EN COLOMBIA

### 1.1 IMPACTO DE LA EDIFICACIÓN DE VIVIENDA

La Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL, realizó un estudio en nuestro país, que incluye una extensa estimación sobre los efectos de la edificación de vivienda sobre el consumo de los colombianos:

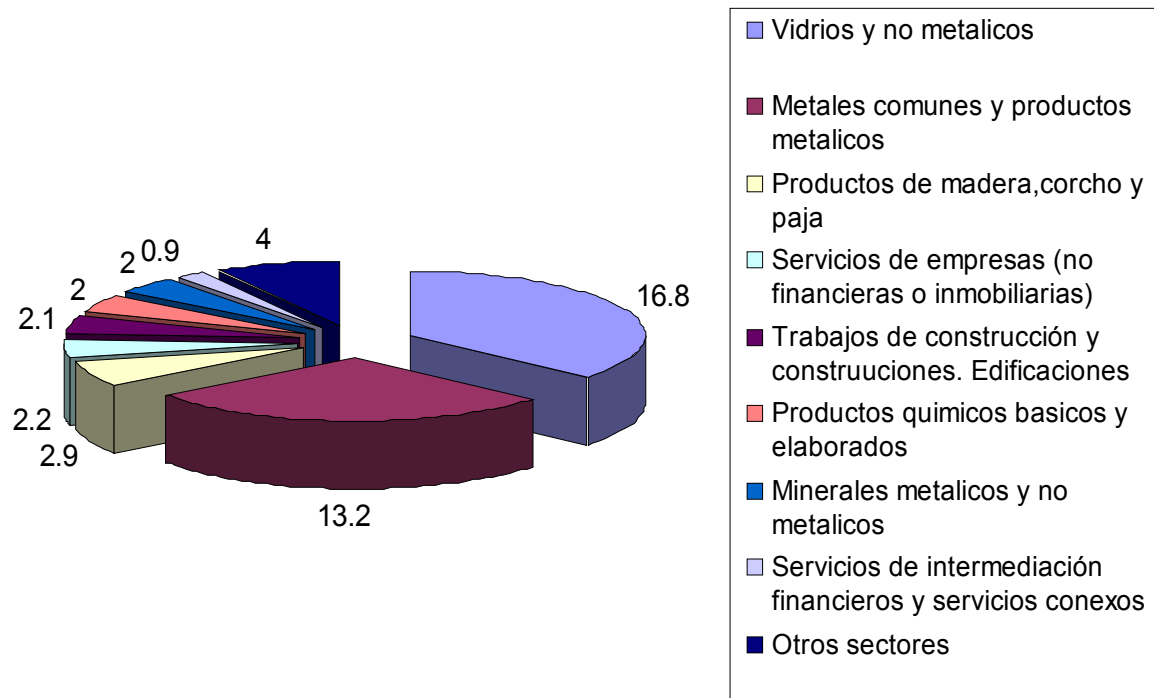
Éste se fundamenta en la matriz de insumo producto que estima el DANE en su metodología con base en 1994, a la que se efectuó una operación adicional para distinguir las transacciones intermedias nacionales de las importadas. Del total de compras de bienes y servicios que hacen los productores de vivienda a proveedores nacionales y extranjeros, tan solo el 4.4% del valor de la vivienda son insumos importados; lo que se puede considerar una cifra baja comparada con otros sectores productivos similares, como la industria manufacturera.

Ésta es una de las razones por las que el sector edificador de vivienda tiene una influencia tan positiva sobre la economía y es que su producción mueve a los proveedores nacionales y no a los extranjeros.

### 1.2 LA CADENA DE PRODUCCIÓN

Del valor de la vivienda, el 46.1% son compras de insumos nacionales que se concentran entre otros, en productos manufacturados no metálicos (16.8%) como cemento, vidrio, o concreto que en buena parte son elaborados por productores cuyo mercado es nacional. Igualmente sobresalen los metales y los productos metálicos (13.2%), que asimismo tienen mercado en todo el país y el resto (16.1%) que se distribuye en 20 sectores diferentes del aparato productivo de la economía, por lo que la demanda de la construcción de vivienda se irradia a lo largo y ancho del sistema comercial nacional.

**Figura 1. Edificación: Participación de los sectores en la producción**



Fuente: Camacol. Revista Construyendo. Edición 19. 2004

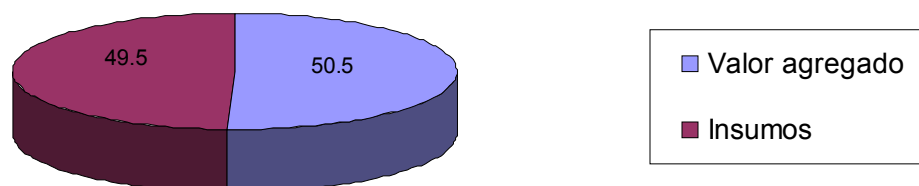
En este proceso de compras de insumos para la obra, la demanda adicional de productos empleados en la edificación induce a los proveedores nacionales de bienes y servicios a aumentar su producción y para ello deben demandar más insumos de aquellos que se emplean como materia prima para sus productos. A su vez, los productores de estos insumos demandan más materias primas y servicios para adelantar su oferta adicional y se pone en marcha una larga cadena de demandas de insumos que en la práctica cubre todos los sectores de la economía. En la interacción de los proveedores de insumos la construcción de vivienda induce aumentos de producción en 57 de los 60 sectores de la economía.

### 1.3 EL VALOR AGREGADO

Lo interesante de todo este proceso es que en cada paso se genera un valor agregado, esto es, un ingreso para trabajadores, empresarios y gobierno. En obra, el valor agregado es de 49.5% del valor de la vivienda y se distribuye de una manera conveniente: el 38.8% de esta participación se destina a la remuneración de asalariados, el 30.2% del valor agregado va a parar a manos de las empresas familiares no formales y el 29.6% se queda en manos de

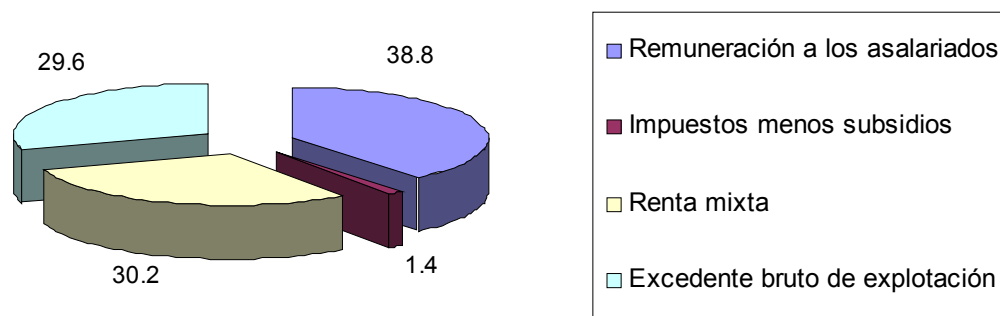
las empresas formales. Estas últimas tienen una distribución de ingreso más concentrada. Es decir, que el 69% del ingreso en obra, queda en poder directo de las familias, que lo emplean en cerca de 90% para satisfacer sus necesidades de consumo. Pocos sectores tienen tan elevada la participación directa en las familias, en el valor agregado y se obtiene una distribución de ingreso mejor que el resto de la economía. Con esta participación por cada peso de vivienda construida se origina un valor agregado de \$ 0.91 y unas importaciones directas e indirectas de \$ 0.08.

**Figura 2. Edificación: Participación de los insumos y del valor agregado de la producción**



Fuente: Camacol. Revista Construyendo. Edición 19. 2004

**Figura 3. Edificación: Distribución del valor agregado**



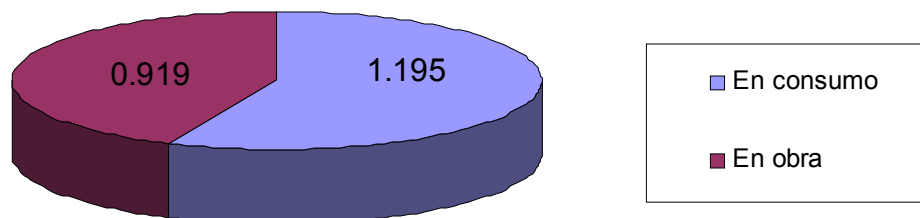
Fuente: Camacol. Revista Construyendo. Edición 19. 2004

## 2.1 EL MULTIPLICADOR DE LA INVERSIÓN

Con este ingreso las familias consumen y se forma la segunda parte de la cadena productiva, que es la más significativa para la economía. La demanda adicional de insumos para el consumo induce a la producción de más materias primas y servicios para su fabricación y en consecuencia más valor agregado y más insumos para la producción. La cadena se prolonga hasta agotarse. Este es un concepto similar parecido al conocido multiplicador keynesiano de la inversión. La cadena de consumo muestra un total de \$ 1.20 de valores agregados adicionales por el consumo de los \$ 0.91 que se había generado en el proceso de la construcción de la vivienda, de manera que por cada peso demandado en una edificación se origina un valor agregado total de \$2.11, que es un impacto notorio sobre la actividad económica general y que sólo es comparable con el sector agrícola y algunos servicios de producción local. Éste es el motivo por el que la construcción es tan trascendente para el crecimiento de la economía, junto con la exportación de productos agropecuarios.

Si éste ingreso se mira por sectores, por cada peso de demanda en vivienda se origina \$ 0.51, de valor agregado en el sector de la edificación, \$ 0.25 en otros productos animales y agrícolas, \$ 0.20 en servicios inmobiliarios y alquiler de vivienda y \$ 0.10 en servicios de transporte. El resto del valor agregado con \$ 1.05, se distribuye entre los demás sectores de la economía, concentrándose en la producción de insumos para la construcción y en algunos bienes y servicios de consumo como restaurantes, salud, educación o bebidas.<sup>1</sup>

**Figura 4. Valor agregado originado en obra y en consumo de hogares por peso invertido en edificación**



Fuente: Camacol. Revista Construyendo. Edición 19. 2004

<sup>1</sup>CÁMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. Construyendo: la revista de la construcción en Colombia. Edición 19. Bogotá D.C.: CAMACOL. 2004. p 16 – 20.

### 3.1 POLÍTICA HABITACIONAL EN COLOMBIA

En Colombia tenemos hoy un déficit habitacional cercano a un millón y medio de viviendas. La mayor parte en barrios subnormales y muchos sin servicios públicos y en condiciones de hacinamiento. Las familias carentes de una vivienda digna se ubican en su mayoría en centros urbanos y se caracterizan por sus bajos niveles de ingresos y cuyo origen proviene principalmente de actividades informales de la economía.

A este déficit, acumulado durante años, se suma el preocupante hecho de que los porcentajes importantes de las actuales viviendas han sido edificadas en zonas de alto riesgo no mitigable o mediante procesos constructivos que no consultan las mínimas normas sismo resistentes o de calidad. Lo anterior conduce entonces a tener ciudades caracterizadas por un volumen importante de asentamientos precarios y con graves deficiencias ante eventuales de la naturaleza. Se estima que este faltante acumulado, unido a los problemas de calidad, afectan al 31% de los hogares del país.<sup>2</sup>

### 1.6 PARTICIPACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL COMERCIO EXTERIOR COLOMBIANO

La importancia del sector de la construcción, radica en la capacidad de encadenar directa e indirectamente otros sectores y subsectores de la economía colombiana, efecto que se puede ver reflejado en la actividad exportadora del país. Por tal razón es necesario vincular otras actividades adicionales a la de los materiales de construcción, dentro del análisis de la participación de la actividad constructora en el comercio exterior colombiano.

Utilizando como fuente, los cálculos realizados por PROEXPORT, podemos observar el comportamiento de los productos claves del sector constructor, y los países a los cuales son enviados dichos productos.

---

<sup>2</sup> CÁMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. Construyendo: la revista de la construcción en Colombia. Edición 23. Bogota D.C.: CAMACOL.2005. p 16

**Tabla 1. Relación de los productos de exportación y los países de envío**

<b>INCLUYENDO OTROS SECTORES</b>	
<b>Participación países</b>	<b>%</b>
EE.UU.	24.23
Venezuela	15.86
Ecuador	11.0
Panamá	3.47
México	6.06
Chile	2.83
Perú	5.28
Otros	31.23

<b>SÓLO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	
<b>Participación países</b>	<b>%</b>
EE.UU.	51.71
Venezuela	10.88
Ecuador	8.52
Panamá	4.76
México	2.83
Chile	1.68
Perú	2.20
Otros	17.43

Fuente: Camacol. Revista Construyendo. Edición 21. 2005

Al analizar los países a los cuales van dirigidas estas exportaciones, encontramos que los Estados Unidos disminuyen su participación dentro del total de las exportaciones del sector constructor, al incluir los otros productos diferentes de los materiales de construcción, pasando de recibir el 57.1% de las exportaciones de materiales de construcción al 24.23%, cuando se incluyen los otros sectores; influenciando básicamente por la poca exportación de bienes pertenecientes al sector de muebles y maderas y los artículos del hogar, oficinas, hogares y hospitalarios. La inclusión de los otros sectores de la actividad, muestran mayor participación de países como Venezuela, México y la sumatoria de las Islas del Caribe y otros países.<sup>3</sup>

<sup>3</sup>CÁMARA COLÓMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. Construyendo: la revista de la construcción en Colombia. Edición 21. Bogota D.C.: CAMACOL.2005. p 37 – 39



## **2.COSTOS DE LA CONSTRUCCIÓN**

El objetivo principal de una contabilidad de costos bajo el sistema justo a tiempo debe ser tener un seguimiento real de los costos empleados para la fabricación de un producto. El costo afecta los márgenes de utilidad, de los cuales depende la vida de una empresa.

### **2.1 COSTOS DE LA EDIFICACIÓN**

Se dividen en dos grandes grupos: los costos de materiales y mano de obra, llamados costos directos y los honorarios, impuestos y derechos llamados costos indirectos.

- Costos de materiales y mano de obra (costos directos). Cuando se hablan de costos de los materiales, en ellos se incluye todo lo referente a ladrillos, tejas, cemento, grava, arena, estructuras metálicas etc., es decir a los elementos que son necesarios para la construcción de la edificación.

Los costos de la mano de obra simplemente son los generados para llevar a cabo el proceso de construcción. Estos costos son importantes porque representan entre el 35% y 50% del costo total dependiendo del tipo de construcción y además de ellos dependen las tarifas de los profesionales que son un porcentaje de ellos.

En Colombia, se utiliza mucho una clasificación que incluye los siguientes capítulos:

- Preliminares
- Cimientos
- Desagües e instalaciones subterráneas
- Estructura
- Muros
- Pañetes
- Cubiertas
- Cielo raso
- Pisos
- Enchapes y accesorios
- Instalaciones sanitarias
- Instalaciones eléctricas
- Aparatos sanitarios
- Carpintería en madera

- Carpintería metálica
- Equipos especiales y de cocina
- Cerrajería
- Vidrios
- Pintura
- Varios (remates)
- herramientas y equipos de construcción
- Administración de obra

El presupuesto de estos costos indirectos se hace en con valores actuales.

A pesar de una buena gerencia, la construcción de cualquier tipo de estructura se diferencia de la fabricación de otro producto en una empresa de manufactura, en la cantidad de imprevistos que se pueden presentar. Por ello se acostumbra asignar cierto valor que esta entre el 3% y el 5% del presupuesto inicial para este fin.

2.1.2 Costos de honorarios, impuestos y derechos (Costos indirectos). Este rubro esta constituido por:

- Los honorarios son los costos generados por el pago a los diferentes profesionales que participan en el la planeación, diseño y construcción del proyecto.
  - Los impuestos son los compromisos de orden tributario adquiridos con el Estado, tales como las licencias de construcción, impuesto predial, pólizas etc.
  - Los derechos correspondientes a la instalación de los servicios públicos domiciliarios para suministrar gas, agua, alcantarillado y teléfono.

Las principales actividades que se relacionan en estos costos:

- Estudio de mercado
- Estudio de prefactibilidad financiera
- Estudio de factibilidad financiera
- Topografía
- Estudio de suelos
- Planos y dirección arquitectónica
- Presupuesto de obra
- Cálculo y diseño estructural
- Diseño hidráulico y sanitario

- Diseño eléctrico
- Programación
- Control de costos
- Control de programación
- Supervisión del financiador
- Interventoría
- Honorarios de construcción
- Preparación de licitación

## **2.2 COSTOS DE ADMINISTRACIÓN Y GERENCIA DEL PROYECTO**

Este rubro se refiere explícitamente a los costos de la administración y gerencia del proyecto, no de la obra, por ello si una empresa constructora está dedicada a la construcción de varios proyectos, lo ideal es que distribuya un porcentaje de éstos costos según los costos totales a cada proyecto.

2.1.1 Costos financieros. Son los costos generados por recursos externos para ejecutar el proyecto. Aquí se encuentran por ejemplo:

- Los intereses pagados a las entidades financieras por préstamos.
- La corrección monetaria o ajustes por indexación de préstamos.

2.2.2. Costos de ventas. Se cargan a este ítem aquellos costos que son necesarios para la venta del producto, por ejemplo:

- Costos de promoción y publicidad
  - 1 Comisiones de venta
  - 2. Costos notariales y de registro
- Reglamento de propiedad horizontal<sup>4</sup>

<sup>4</sup> TÉLLEZ LUNA, Miguel .Finanzas de la construcción. Bogota D.C.: Bhandar Editores Ltda. 1999. p 97 – 101.

Tabla 2. Ejemplo de costos en la construcción de vivienda urbana

**PROYECTO: BRISAS DE PAMPLONITA** **CUADRO No.2 INDICADORES FINANCIEROS**

1. VENTAS:	VALOR FUTURO DE LAS VENTAS**			VALOR ACTUAL \$ DE:			Jul-98
	Total \$ miles	\$/M2	\$ miles /und.	\$ miles/und.	\$/M2	Total \$ miles	
Area privada vendible	10.704.497	787.964	<promedio>	41.171	36.575	700.000	9.509.500
Locales	396.270	1.801.062	<promedio>	66.045	58.672	1.600.000	352.032
Garajes sin servidumbre	230.986			4.052	3.600		205.200
Garajes con servidumbre	263.405			2.927	2.600		234.000
Aparcaderos residentes	188.999			2.589	2.300		167.900
<b>TOTAL VENTAS: Vr. Futuro** =</b>	<b>11.784.157</b>					<b>TOTAL VENTAS: Vr. Actual=</b>	<b>10.468.632</b>

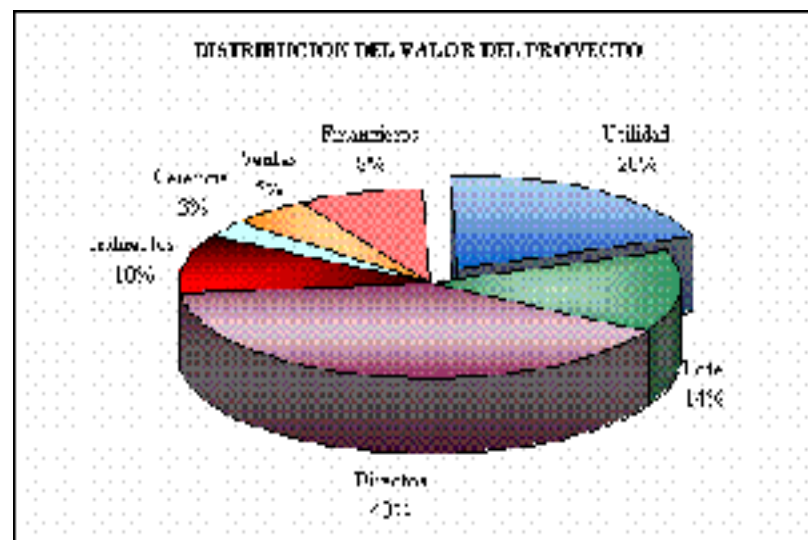
\*\* Incluye un ajuste por inflación equivalente al 18.0%  
 Los precios correspondientes a cada mes se presentan en el cuadro No.3

**2. COSTOS**

	Total \$ miles
Lote urbanizado	1.622.174
Materiales y mano de obra: Directos	4.711.647
Honorarios, impuestos y derechos: Indirectos	1.189.572
Gerencia de proyecto	353.525
Costos de ventas	534.160
Costos financieros	977.270
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>9.388.348</b>

**3. UTILIDADES Y RENTABILIDAD**

Utilidad	<b>2.395.809</b>
Porcentaje de Utilidad sobre ventas	20,3%
Rentabilidad mensual recursos propios (TIR)	6,2%



**4. RECURSOS REQUERIDOS: MONTOS Y FUENTES DE FINANCIACION:**

		\$ miles		%
Crédito UPAC: (Desembolsos)		5.247.432	70,0% del costo financiable	55,9%
Crédito UPAC: (Corrección monetaria)		554.700		5,9%
Crédito bancario		0		0,0%
Recursos de ventas (Neto)		1.645.989		17,5%
Recursos propios en efectivo (capital máximo de trabajo)		1.940.227	Vr.máximo de la inversión en recursos propios	20,7%
<b>TOTAL</b>		<b>9.388.348</b>		<b>100,0%</b>

Fuente: Tellez Luna Miguel. Finanzas de la Construcción. Pag 147

Tabla 3. Ejemplo de analisis de costos en la construcción de vivienda urbana

PROYECTO: BRISAS DE PAMPLONITA				CUADRO No.5 ANALISIS DE COSTOS				
CONCEPTOS	COSTOS			% de Ventas	% de Costo	% del Presupuesto	% Ventas* Vr. Actual	OBSERVACIONES
	\$ miles	\$ miles	\$/M2					
<b>TERRENO</b>		1.622.174	88.045	13,8%	17,3%	38,6%	15,5%	196,573 \$/M2 neto
Lote	1.337.316		72.584	11,3%	14,2%	31,9%	12,8%	162,055 \$/M2 neto
Urbanización	284.857		15.461	2,4%	3,0%	6,8%	2,7%	34,519 \$/M2 neto
<b>COSTOS DIR. DE EDIFICACION:</b>		4.711.647	255.728	40,0%	50,2%	112,2%		
Presupuesto materiales y mano de obra	4.198.684		227.887	35,6%	44,7%	100,0%		
Imprevistos	125.961		6.837	1,1%	1,3%	3,0%		
Incremento de costos*	387.002		21.005	3,3%	4,1%	9,2%		16,0% eq. Anual
<b>COSTOS IND. DE EDIFICACION:</b>		1.189.572	64.565	10,1%	12,7%	28,3%		
Honorarios	749.608		40.686	6,4%	8,0%	17,9%		
Impuestos y seguros	267.451		14.516	2,3%	2,8%	6,4%		
Derechos por servicios	172.514		9.363	1,5%	1,8%	4,1%		
<b>ADMINISTRACION Y GERENCIA:</b>		353.525	19.188	3,0%	3,8%	8,4%		
<b>COSTOS FINANCIEROS:</b>		977.270	53.042	8,3%	10,4%	23,3%		

Intereses crédito	UPAC	324.465	17.611	2,8%	3,5%	7,7%	14,0 % anual
Corrección monetaria		554.700	30.107	4,7%	5,9%	13,2%	25,0 % anual
Comisión compromiso		0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,00 % mensual
Gastos legales del crédito		98.106	5.325	0,8%	1,0%	2,3%	
Intereses crédito puente		0	0	0,0%	0,0%	0,0%	3,5 % mensual
<b>COSTOS DE VENTAS:</b>		534.160	28.992	4,5%	5,7%	12,7%	
Promoción y publicidad		117.842	6.396	1,0%	1,3%	2,8%	
Comisión de ventas		353.525	19.188	3,0%	3,8%	8,4%	
Notaría y registro		49.493	2.686	0,4%	0,5%	1,2%	
Reglamento copropiedad		13.300	0,722	0,1%	0,1%	0,3%	
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>9.388.348</b>	<b>509.559</b>	<b>79,7%</b>	<b>100,0%</b>	<b>223,6%</b>	
* Incremento que se origina por el aumento de los precios de los materiales y mano de obra entre la fecha del presupuesto y los momentos en que se realizan los desembolsos							

Fuente: Tellez Luna Miguel. Finanzas de la Construcción. Pag 150

Tabla No 4. Ejemplo de analisis de costos directos en la construcción de vivienda urbana

PROYECTO: BRISAS DE PAMPLONITA			CUADRO No. 6 COSTOS DIRECTOS DE EDIFICACION, PRESUPUESTO: VALOR PRESENTE Fecha del presupuesto: jun - 98							
CAPITULOS	TOTAL		Estado Inicial	sep-98	oct-98	nov-98	..	abr-99	may-99	jun-99
	\$ miles	%		1	2	3	.	8	9	10
Preliminares	11.448	0,3%	0	11.448	0	0	..	0	0	0
Pilotaje	101.159	2,4%	0	75.869	25.290	0	..	0	0	0

Desagues	15.125	0,4%	0	5.042	5.042	5.042	..	0	0	0
Cimentación	411.531	9,8%	0	0	137.177	137.177	..	0	0	0
Estructuras	847.300	20,2%	0	0	0	169.460	..	0	0	0
Inst.hidrosanitarias	331.334	7,9%	0	0	0	0	..	66.267	0	0
Inst. eléctricas	401.690	9,6%	0	0	0	0	..	80.338	0	0
Mampostería	910.817	21,7%	0	0	0	0	..	182.163	182.163	182.163
Cubierta y terrazas	29.647	0,7%	0	0	0	0	..	5.929	5.929	5.929
Impermeabilizaciones	16.807	0,4%	0	0	0	0	..	3.361	3.361	3.361
Carpintería metálica	92.591	2,2%	0	0	0	37.036	..	0	18.518	0
Enchapes	66.804	1,6%	0	0	0	0	..	16.701	16.701	16.701
Bases y pisos	67.391	1,6%	0	0	0	0	..	16.848	16.848	16.848
Ventanería aluminio	123.925	3,0%	0	0	0	0	..	30.981	30.981	30.981
Carpintería de madera	25.991	0,6%	0	0	0	0	..	6.498	6.498	6.498
Cerraduras y herrajes	16.124	0,4%	0	0	0	0	..	0	8.062	8.062
Pinturas	30.823	0,7%	0	0	0	0	..	0	15.412	15.412
Baños y grifería	60.645	1,4%	0	0	0	0	..	0	30.323	30.323
Cocinas	16.920	0,4%	0	0	0	0	..	0	8.460	8.460
Equipos especiales	59.365	1,4%	0	0	0	0	..	0	29.683	0
Subcontratos acabados	160.517	3,8%	0	0	0	0	..	32.103	32.103	32.103

Obras exteriores	135.601	3,2%	0	0	0	45.200	..	0	0	0
Alquiler y compra equipos	28.730	0,7%	0	2.873	2.873	2.873	.	2.873	2.873	2.873
Gastos generales	38.523	0,9%	0	3.852	3.852	3.852	.	3.852	3.852	3.852
Administración de obra	197.875	4,7%	0	19.788	19.788	19.788	.	19.788	19.788	19.788
<b>TOTAL CD Vr.presente \$</b>	<b>4.198.684</b>	<b>100,0%</b>	<b>0</b>	<b>118.871</b>	<b>194.021</b>	<b>420.428</b>	..	<b>467.703</b>	<b>431.555</b>	<b>383.354</b>
<b>TOTAL CD Vr.presente %</b>		<b>100,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>2,8%</b>	<b>4,6%</b>	<b>10,0%</b>	..	<b>11,1%</b>	<b>10,3%</b>	<b>9,1%</b>

Fuente: Tellez Luna Miguel. Finanzas de la Construcción. Pag 151



### 3. INTRODUCCIÓN AL JUSTO A TIEMPO

#### 3.1 ¿QUÉ ES JUSTO A TIEMPO?

La técnica Justo a Tiempo, tiene su origen a comienzos de la década de los 80, con el surgimiento de organizaciones que competían con productos de “categoría mundial”.

3.1.1 Definición. Según Charles O’neal y Kate Bertrand<sup>5</sup> Justo a Tiempo “es una filosofía empresarial que se concentra en eliminar el despilfarro en todas las actividades internas de la organización y en todas las actividades de intercambio externas. Es decir en pocas palabras eliminación del despilfarro. Lo cual exige eliminar todos los insumos de recursos que no añaden valor al producto servicio”. Sin duda alguna la técnica fundamenta sus esfuerzos en los procesos de producción.

Otras definiciones. Según Edward J.<sup>6</sup> Hay “es una filosofía industrial, de eliminación de todo lo que implique desperdicio en el proceso de producción, desde las compras hasta la producción”

Héctor Ortiz Anaya<sup>7</sup> afirma “el sistema Justo a tiempo sugiere que en condiciones ideales una empresa debería comprar solamente los materiales necesarios para la producción día a día, mantener la planta libre de producto en proceso, y despachar inmediatamente a los clientes la producción terminada día a día”

Por último Arnaldo Hernández da la siguiente definición “el sistema justo a tiempo implica que los materiales necesarios sean traídos al lugar necesario para elaborar los productos necesarios en el momento exacto en que estos son requeridos<sup>8</sup>”

3.1.2 Objetivo. La meta es satisfacer al cliente a la vez que se minimiza el costo total.

Estrategia. Mediante un programa de mejoramiento continuo el JAT proporciona:

- Productos de calidad perfecta
- Cantidades exactas del producto

<sup>5</sup> O’NEAL, Charles y BERTRÁN Kate. Marketing justo a tiempo. Bogota D.C.: Norma. 1993. p 31 -32.

<sup>6</sup> HAY, Edward J. Justo a tiempo. Bogota D.C.: Norma. 1989. p 17 – 18.

<sup>7</sup> ORTIZ ANAYA, Héctor. Análisis financiero aplicado. Bogota D.C.: Universidad Externado de Colombia. 2004. p 496.

<sup>8</sup> HERNÁNDEZ, Arnaldo. Manufactura justo a tiempo. México: Compañía Editorial Continental. 1993. p 7.

- En tiempos precisos

- Al costo mas bajo

Para que la técnica funcione se debe contar con la colaboración de la alta gerencia y en general de todas las personas pertenecientes a la organización.

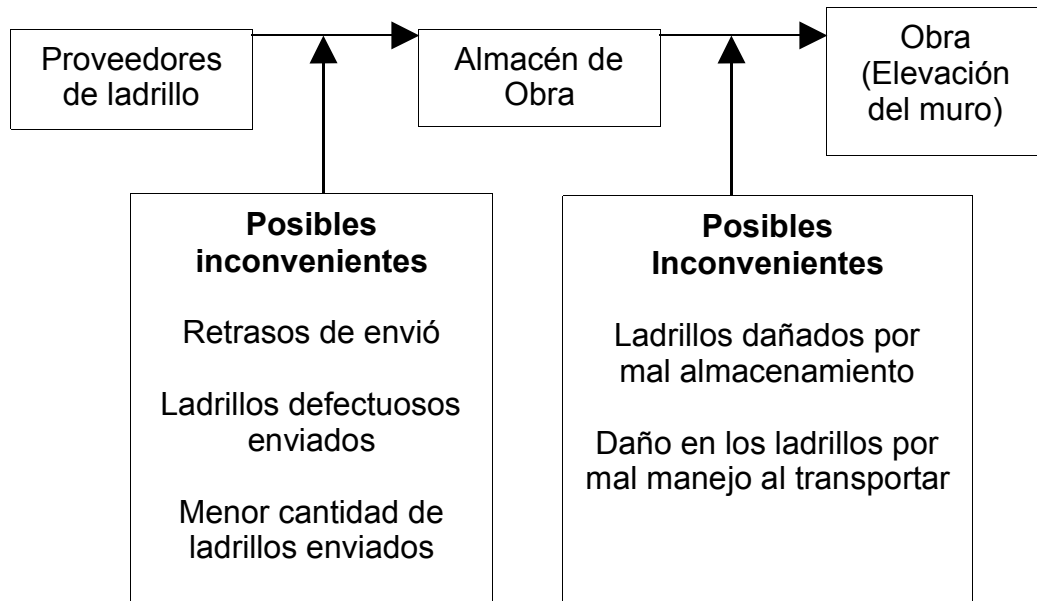
### 3.2 COMO EL JAT PUEDE AYUDAR A LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN

3.2.1 Materiales. Para la fabricación de cualquier producto, existen una serie de movimientos de materiales a lo largo del proceso, y estos movimientos de alguna manera afectan las utilidades que se pueden obtener. En las empresas constructoras, como en otras, el buen manejo que se le de a los materiales depende de la buena relación con los proveedores para no sufrir retrasos por demoras en su suministro y también del buen uso de los mismos para evitar desperdicios. El justo a tiempo considera desperdicio a cualquier cosa que no sea necesaria para la fabricación del producto que es un exceso del mismo.

En la construcción, el desperdicio de materiales es algo muy difícil de controlar, primero porque aunque muchas especificaciones hablan de cantidades de materias primas exactas, para lograr resistencias deseadas, por ejemplo en el concreto, o se calculan cierta cantidad de ladrillos por metro cuadrado para un muro, en el momento de las dosificaciones en obra o de la pega del muro no se tiene una cultura del manejo adecuado de los materiales por el personal, que por lo general, es gente poco capacitada, y educada. Una buena aplicación del JAT puede corregir estos inconvenientes.

En la siguiente grafica se muestra un ejemplo

**Figura 5. Inconvenientes en la ruta de colocación del ladrillo**



3.2.2 Herramientas y equipos. Una buena estrategia JAT debe incluir los equipos y herramientas que se necesitan para la correcta fabricación del producto. En la construcción, estos equipos son las mezcladoras, las cortadoras de concreto, las cortadoras de bloque etc. Debido al trabajo pesado a que están sometidos éstos, constantemente fallan, lo cual produce retrasos en el cronograma de ejecución de la obra y por supuesto pérdidas de tiempo, porque el personal dedicado a estas tareas no produce. Una característica del equipo de construcción es que este por lo general se adquiere cuando es equipo menor a través del alquiler a empresas y si es equipo mayor (retroexcavadoras, cargadores, etc.) a través de alquiler o leasing. Por lo tanto un buen acuerdo con la empresa que nos suministra el equipo, para lograr una buena asistencia técnica (o reemplazo) es clave.

Un aspecto importante en el manejo de los equipos de construcción es revisarlos en el momento de su llegada, por si presenta fallas, tomar las correcciones lo más pronto posible

3.2.3 Inventarios. El nivel de inventarios necesario para la elaboración de los productos, además de la inversión de capital, es otra área que requiere de una planeación cuidadosa antes de realizar cualquier compromiso de capital. Por supuesto, siempre se debe contar un número mínimo de materias primas o productos, para poder producir. Muchas empresas del sector no le dan la importancia necesaria a este aspecto, y mantienen grandes inversiones en inventarios de obra, sin producir ninguna utilidad. El JAT busca la optimización del inventario (tendiente a cero).

**Tabla 5. Comparación entre las soluciones tradicionales y las soluciones JAT en el inventario**

<b><u>Problemas</u></b>	<b><u>Solución tradicional</u></b>	<b><u>Solución JAT</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquina poco confiable</li> <li>• Zonas con cuello de botella</li> <li>• Tamaños de lote grandes</li> <li>• Plazos de fabricación largos</li> <li>• Calidad deficiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stock de seguridad grande</li> <li>• Programación mejor y mas compleja</li> <li>• Almacenar</li> <li>• Acelerar algunos pedidos en base a prioridades</li> <li>• Aumentar los controles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la fiabilidad</li> <li>• Aumentar la capacidad y la polivalencia de los operarios y la maquinas</li> <li>• Reducir el tiempo de preparación</li> <li>• Reducir esperas, etc., mediante sistemas de arrastre</li> <li>• Mejorar los procesos y los proveedores</li> </ul>

### 3.3 FASES PARA APLICAR EL JAT

Para conseguir una buena aplicación del JAT han de recorrerse cinco fases, de acuerdo con Krajewski y Ritzman<sup>9</sup>

3.3.1 Primera fase: cómo poner el sistema en marcha. Esta primera fase establece la fase sobre la cual se construirá la aplicación. La aplicación JAT exige un cambio en la actitud de la empresa, y se deben seguir los siguientes pasos:

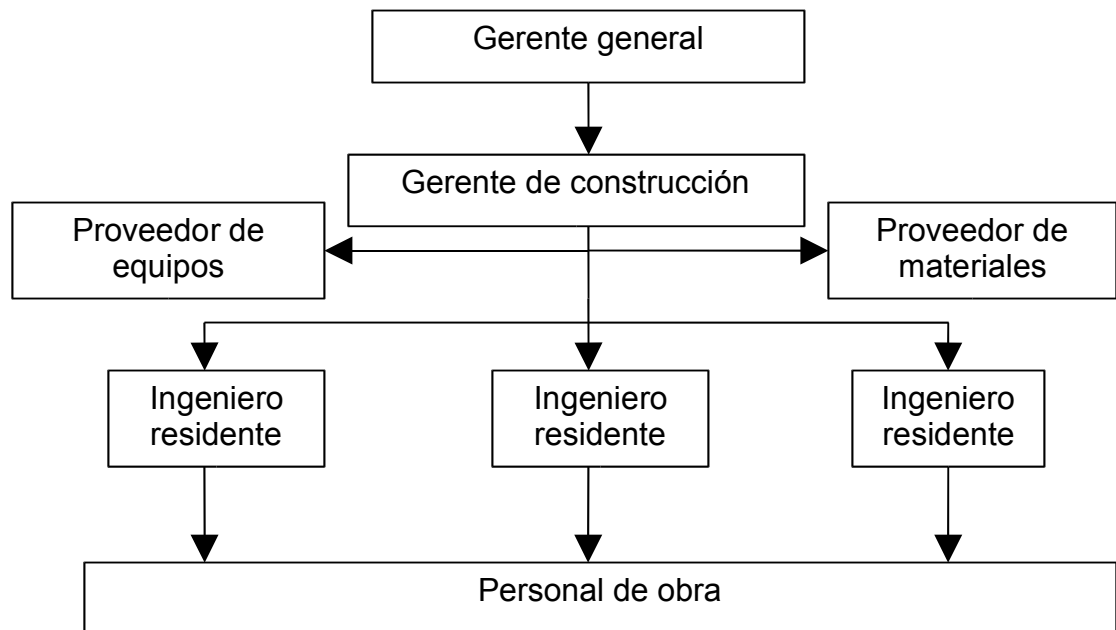
- Comprensión básica
- Análisis costo/ beneficio

<sup>9</sup>Krajewski y Ritzman. Administración de Operaciones. New York: Prentice Hall. 2000. p 45

- Compromiso
- Decisión si/no para poner en practica el JAT
- Selección del equipo de proyecto para el JAT
- Identificación del sitio de aplicación.

Para el sector de la construcción, la aplicación del JAT debe ser iniciativa de la gerencia general y su control en obra debe estar a cargo del director de obra, quien debe motivar a todo el personal

**Figura 6. Línea de aplicación de JAT en la construcción**



3.3.2 Segunda fase: mentalización clave del éxito. Un programa de educación debe conseguir los siguientes objetivos:

- Debe proporcionar una comprensión de la filosofía JAT y su aplicación a la industria.
- El programa debe estructurarse de tal forma que los empleados empiecen a aplicar la filosofía JAT en su propio trabajo.

Para esta etapa lo más importante es ser consiente de que el personal que trabaja en la construcción es muy complejo al momento de dirigir, principalmente por dos razones como son:

- Nivel de educación. Por lo general las personas que trabajan en la construcción son personas con bajo nivel de educación, que pueden ser muy buenos en su arte, pero que en muchos de los casos como máximo han terminado la secundaria. Esta carencia no le permite comprender de forma fácil la técnica JAT. Afortunadamente esta tendencia esta cambiando gracias a entidades como el SENA que esta capacitando al personal en esta área.
- Cultura. La cultura del trabajador de la construcción y debido al ambiente en el cual se desenvuelve es de trabajar para simplemente cubrir sus gastos en la mayoría de los casos. No les interesa que su trabajo sea eficaz y eficiente. Por este motivo, se de debe realizar un control consecutivo sobre ellos con el fin de que hagan buen uso de los materiales.

Una buena propuesta seria crear métodos de estimulo para los trabajadores con el fin de que ganen ambos tanto la empresa como el trabajador.

3.3.3 Tercera fase: mejorar los procesos. El objetivo de las dos primeras fases es ofrecer el entorno adecuado para una puesta en práctica satisfactoria del JAT. La tercera fase se refiere a los cambios físicos del proceso de fabricación que mejorará el flujo del trabajo. Los cambios de proceso tienen tres formas principales:

- Reducir el tiempo de fabricación de las maquinas
- Mantenimiento preventivo
- Cambiar a líneas de flujo.

Aquí lo principal es contar con un equipo garantizado por parte del proveedor si se esta trabajando con equipo alquilado. En caso de ser propio se debe tener dentro del personal a un mecánico para el mantenimiento continuo de los equipos de construcción (cortadoras de bloque, mezcladoras, vibradores etc.).

3.3.4 Cuarta fase: mejoras en el control. La forma en que se mejore el sistema de fabricación determinará los resultados globales de la aplicación JAT. El principio de la búsqueda de la simplicidad proporciona la base del esfuerzo pro mejorar el mecanismo de control de fabricación:

- Sistema tipo arrastre
- Control local en vez de centralizado
- Control estadístico del proceso

- Calidad en el origen (autocontrol, programas de sugerencias, etc.)

Las anteriores son funciones que corresponden a toda la parte administrativa tanto de oficina como de obra, según el organigrama de la empresa y las dos deben actuar en constante coordinación porque de ellos depende el éxito de la aplicación de la técnica JAT.

3.3.5 Quinta fase: relación cliente - proveedor. Constituye la fase final de la aplicación JAT. Hasta ahora se han descrito los cambios internos cuya finalidad es mejorar el proceso de fabricación. Para poder continuar el proceso de mejora se debe integrar a los clientes externos y a los proveedores externos. Esta fase se debe empezar en paralelo con parte de la fase 2 y las fases 3 y 4, ya que se necesita tiempo para discutir los requisitos del JAT con los proveedores y los clientes; y los cambios que hay que realizar requieren tiempo.

Es importante la selección de proveedores con base a criterios logísticos.

#### 3.4 LOS ELEMENTOS DEL JAT

Justo a tiempo (JAT) necesita 3 elementos mayores como lo expresa Bañegil<sup>10</sup>: personas, la planta, y el sistema. Las personas para llevar a cabo e implementar los objetivos de justo a tiempo (JAT); Un proceso físico con la capacidad de fabricar partes con "cero defectos". Un sistema de computadora con la inteligencia para planear, perfeccionar, y controlar el proceso y sus funcionamientos.

##### 3.4.1 Los 7 pilares del JAT

- a. Igualar la oferta y la demanda para poder obtener un tiempo de entrega cercano a cero.
- a. El peor enemigo es el desperdicio, esto es cualquier actividad que no agregue valor al producto o servicio.
- b. El proceso debe ser continuo no por LOTES, esto significa que se debe producir solo las unidades necesarias en las cantidades necesarias, en el tiempo necesario
- c. Mejora Continua: la búsqueda de la mejora debe ser constante, tenaz y perseverante, paso a paso, para así lograr las metas propuestas.

---

<sup>10</sup> Bañegil, Tomas M. El sistema Just in time. Barcelona. Pirámide, 1993.p 51

- d. Es primero el ser humano, ya que este es el activo más importante. El JAT considera que el hombre es la persona que esta con los equipos entonces son claves en sus decisiones y al igual logran llevar a cabo los objetivos de la empresa.
- e. LA SOBREPDUCCIÓN = INEFICIENCIA. Aquí existen otros principios como son la calidad total, involucramiento de la gente, organización del lugar de trabajo TPM, SMED, simplificar comunicaciones, etc.
- f. No vender el futuro, las metas actuales tienden a ser a corto plazo, hay que reevaluar los sistemas de medición, de desempeño, etc.

Se puede decir que el programa JAT tiene como idea:

- a. Producir y entregar artículos terminados justo a tiempo para la venta.
- b. Suministrar los submontajes justo a tiempo para hacer los artículos terminados.
- c. Disponer de las partes fabricadas justo a tiempo para incorporar a los submontajes.
- d. Comprar los materiales justo a tiempo para transformarlos en partes.

Todas las mejoras que incluye el sistema JAT se pueden englobar en la Teoría de los 5 ceros:

- Cero tiempo al mercado.
- Cero defectos en los productos
- Cero pérdidas de tiempo
- Cero papel de trabajo.
- Cero stocks.



## 4. EL JAT Y LA ADMINISTRACIÓN DE LOS MATERIALES

Tal vez uno de los activos mas importantes que posee una empresa es el inventario. En la construcción de viviendas el volumen de inventario es muy alto, debido a la cantidad materiales que se manejan (desde el bloque estructural hasta la llave de paso) en proyectos que pueden valer miles de millones de pesos. Un sistema justo a tiempo no significa un inventario cero, ya que seria imposible coordinar algo tan ideal. Lo que se busca, es realizar una perfecta coordinación entre las necesidades de obra, el personal encargado de las compras y los proveedores para reducir los inventarios de “seguridad”. Tratar de lograr una sincronización entre todos los implicados en los movimientos de los materiales para que su almacenamiento sea el menor posible debe ser la meta.

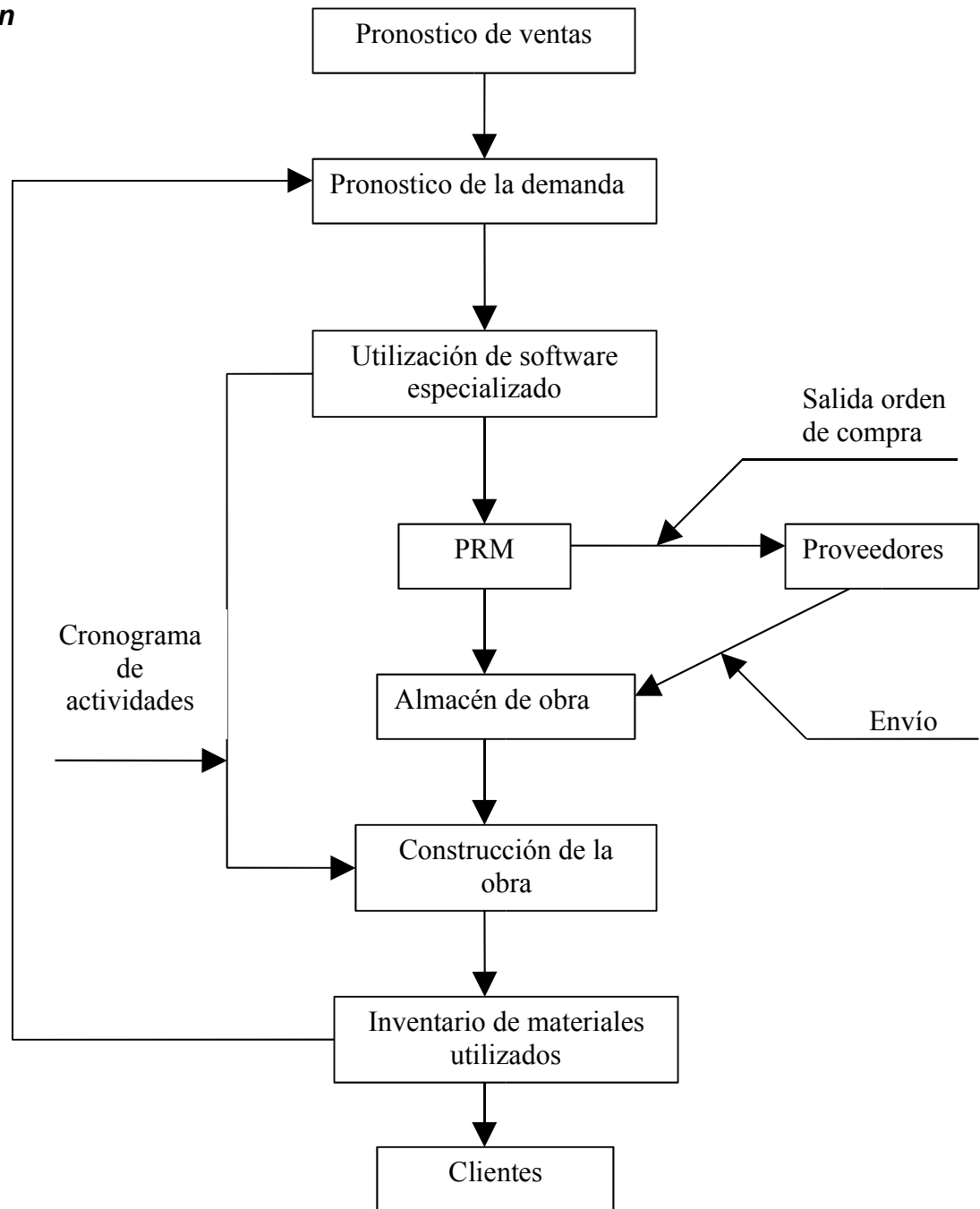
### 4.1 PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIAL (PRM)

Las empresas pueden emplear por lo general, dos tipos de sistemas para planear y elaborar productos que cumplan con los pedidos de los clientes. El primero consiste en fabricar de acuerdo al pedido (el pedido crea la demanda), que por lo general se utiliza para pedidos sobre medidas. El otro enfoque es el de elaborar según el pronostico de la demanda. Este pronóstico por lo general lo realiza el departamento de ventas.

En la construcción de viviendas el número de estas lo determina las necesidades de la región, independiente si el proyecto es del sector público o privado, y por lo tanto de los dos sistemas antes mencionados el que mas se ajusta es el primero.

Un PRM es un sistema estructurado que descompone cuantitativamente los productos hasta el nivel mínimo de partes (existe un software que lleva su nombre). La siguiente figura muestra el flujo del sistema PRM.

**Figura 7. Programa de fabricación y flujo de materiales en un sistema de jalón**



Fuente: Hernández Arnaldo. Manufactura Justo a Tiempo. Pág. 21.

A continuación se describe cada paso:

- El pronóstico de ventas como se dijo anteriormente es la necesidad de vivienda que existe según los estudios económicos del gobierno y también estudios de mercado, que por lo general lo realizan las empresas dueñas del proyecto.
- Con esto se calcula la necesidad de materiales para la construcción. El ingeniero o arquitecto de presupuestos saca las cantidades necesarias en cada etapa de la obra, apoyándose para ello en los planos (estructurales, hidráulicos, sanitarios, arquitectónicos etc.) según las dimensiones y especificaciones de cada actividad a realizar.
- Todos estos datos se llevan a un software especializado, que lleva un control adecuado de los materiales utilizados hasta el momento en la construcción, su valor, los sobrecostos en los que se puede haber incurrido y lo que falta para la terminación de la obra, tanto en cantidad como en valor. Actualmente en el mercado los programas más conocidos son Construdata, Licitia, Obras y Edificar.
- De ahí obtenemos una planeación de requerimientos de materiales (PRM), que se va trabajando a medida que avanza la obra, según el cronograma de actividades.
- Según esto salen las órdenes de pedido para los proveedores con algunos días de anticipación para que tengan tiempo de realizar las actividades necesarias para cumplir con las solicitudes hechas por parte de la empresa constructora.
- Debe enviarse una copia al almacenista de la obra para informarle la compra realizada y compare las cantidades enviadas por el proveedor con lo solicitado por el departamento de compras. El almacenista debe registrarlos en los kardes, para tener una información exacta de la cantidad existente de cada material en almacén (inventario).
- El inventario final consiste en determinar la cantidad de materiales utilizados en la obra ya terminada. Se realiza un balance final para analizar que actividades generaron incrementos en los costos de construcción, para en posteriores proyectos no cometer los mismos errores que traen consigo desperdicios y pérdidas de tiempo en todos los frentes.
- El sistema PRM reportará las partes que han sido ordenadas para cubrir aquellos materiales que no se tienen a la mano, pero que son necesarios para cumplir con el programa de elaboración. También emitirá un reporte de las partes que deberán ordenarse para cubrir a posible escasez.

Además, puede emitir un reporte del exceso de materiales que no son necesarios para la construcción.

El sistema PRM, en general tiene un ciclo de retroalimentación que recibe información acerca del estado de la obra, al tiempo que planea los requerimientos de materiales. El problema es que el tiempo de respuesta del sistema es demasiado lento. Cuando el informe llega al departamento de compras los excesos (inventarios altos) o escasez de materiales ya están dadas.

## 4.2 LOS SISTEMAS DE HALAR Y DE EMPUJE

Un sistema de halar es una manera llevar a cabo el proceso de construcción de tal forma que para cada actividad, comenzando desde su terminación en obra y devolviéndose en su proceso, va “halando” el material necesario de la actividad predecesora solamente cuando esta lo necesita. Lo que se suele realizar normalmente en las construcciones es el envío de materiales para la construcción sin tener en cuenta si la actividad se puede realizar, este método se llama método de empuje.

Un sistema de halar solo tiene una regla sencilla: los materiales deben moverse a la línea de producción sólo cuando se necesiten. Esto significa que los materiales se mueven de acuerdo a la demanda. En cambio, el sistema de empuje mueve los materiales por abastecimiento.

El justo a tiempo implica mover los materiales de un sitio a otro en las cantidades más pequeñas posibles. El exceso de materiales se considera un desperdicio.

4.2.1 Programación de los materiales en un sistema de halar. No es fácil para los directores de los proyectos la planeación según el sistema de halar. El problema surge al tratar de descomponer detalladamente los requerimientos de materiales en cada etapa. Por otra parte, en un sistema de empuje, el software especializado realiza la planeación y cumple con los requerimientos de análisis de los materiales. El software también proporciona un sistema de control de inventarios para seguir los materiales hasta sus ubicaciones en el almacén, y todas las transiciones con los materiales en la obra. Esta parte del sistema de empuje trabaja bien, pero el sistema encuentra dificultades cuando los planificadores cortan las órdenes de compra a los proveedores. En cambio, el sistema de halar opera muy bien en cuanto al auto corrección de las variaciones en procesos.

Por todo lo anterior, lo mejor es la combinación de las mejores características de ambos sistemas en cuanto a la aplicación JAT. Con el software utilizado para la planeación de materiales y el sistema PRM se realizan los pronósticos de materiales a más alto nivel para cumplir con el cronograma de obra. Esta información se le suministra a los proveedores y a la obra, para los requerimientos periódicos (ojala semanales). Luego, el sistema de halar mueve los materiales a la obra según las necesidades actuales, desde los proveedores.

### 4.3 ESTABILIDAD DE LOS CRONOGRAMAS

Es esencial un cronograma de construcción estable en la implantación JAT. En el JAT no debe haber materiales rondando por hay, solo en el caso de un cambio en la programación. Como el sistema se amolda a las necesidades finales, es fundamental una previsión sólida de ella. Para que ello se logre la relación entre la empresa y los proveedores debe ser de alta calidad. Los enlaces ideales JAT, tienen lugar cuando el constructor confirma su programación de obra y lo comunica con buena anticipación, lo cual permita a los proveedores suministrar materiales, maquinaria y equipos para la construcción directamente en la obra y en el orden sucesivo en que se va a utilizar.

### 4.4 MOVIMIENTO DE MATERIALES EN LA OBRA

Para toda empresa siempre existen dos clases de movimientos de materiales. El movimiento externo de los proveedores a la planta (en este caso a la obra) y el movimiento interno de materiales a lo largo del proceso de producción (entiéndase a lo largo de la construcción).

La clase más difícil de controlar es la de los proveedores ya que no solo depende su buen funcionamiento de la empresa constructora en si, sino del sistema propio que maneje la empresa proveedora a su interior. El movimiento al interior de la obra, tiene un control más directo por parte del ingeniero director de obra, de los ingenieros residentes y del almacenista de obra.

4.4.1 Salida de materiales. La entrega de materiales al personal encargado de la construcción, es decir a los subcontratistas (de mampostería, de acabados, hidráulicos, etc.), debe hacerse a diario a primera hora, según la necesidad de materiales que generan las actividades a realizar durante ese día, y deben tener el visto bueno del ingeniero director de obra, quien consulta la cantidad solicitada con la cantidad necesaria, y la cantidad requerida hasta el momento de los materiales con las cantidades calculadas en la etapa de planeación.

La orden pasa al almacenista de obra, quien revisa que las cantidades de los materiales solicitados estén en el almacén, las entrega y las descarga del kardex. La ventaja de este sistema es que se tiene información a diario de los materiales, en cuanto a consumos mayores que los previstos debido a cálculos mal realizados para la construcción o a desperdicios que se deben corregir de forma inmediata.

### 4.5 INVENTARIOS DE SEGURIDAD

El tener inventarios de seguridad es una forma de sentirse seguro dentro de la construcción. Pero estos inventarios generen empleos de recursos no solo financieros, sino humanos. Recursos que se podrían invertir o emplear de maneras más productivas, que generen algún tipo de utilidad a la empresa.

Existen dos clases de inventarios de seguridad:

- Los inventarios voluntarios: son inventarios de seguridad generados por la dirección del proyecto con el fin de cubrir fallas en el proceso constructivo o para cubrir incumplimientos por parte de los proveedores.
- Los inventarios involuntarios: ocurren por retrasos o inconvenientes en el proceso de construcción, que generan materiales en stock.

Los inventarios también pueden demostrar o ocultar los desajustes del proceso.

#### 4.6 EL SISTEMA DE HALAR APLICADO A LOS MATERIALES EN LA OBRA: EL CONCEPTO KANBAN

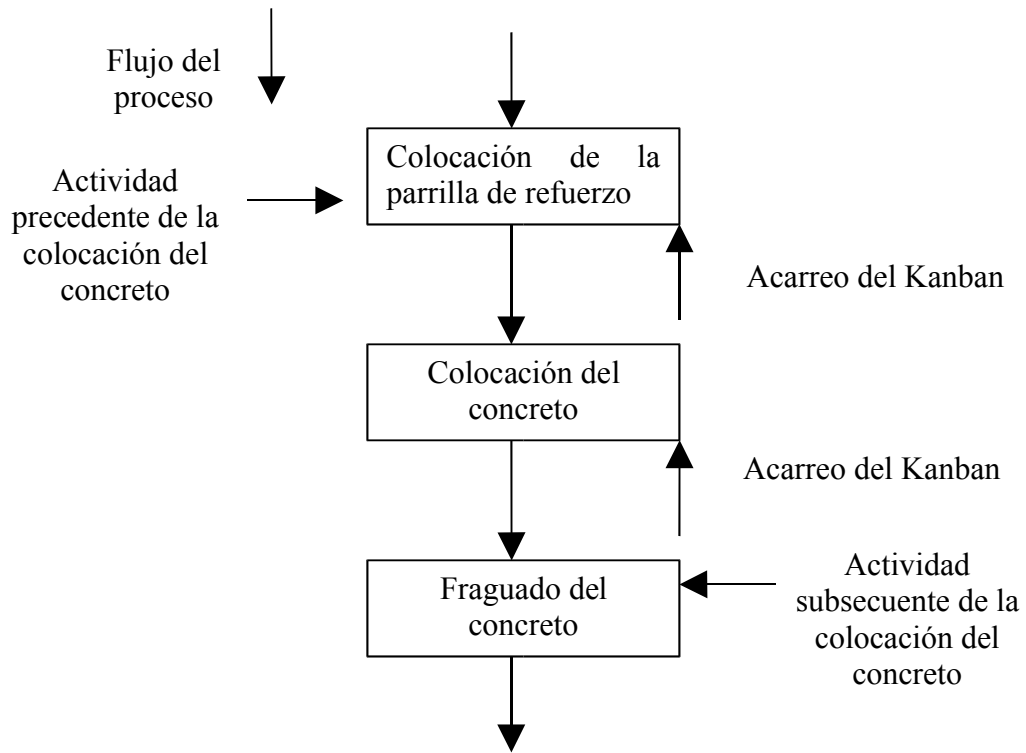
Como se vio anteriormente, un proceso de halar es una manera de conducir el proceso de fabricación de un producto en tal forma que cada operación, comenzando desde la última actividad y remontándose hasta el comienzo del proceso, solicita los materiales para su manufactura, a medida que lo necesita.

Toyota le adiciono a este sistema el manejo de una tarjeta llamada Kanban y denominó a este sistema Kanban.

4.6.1 Actividades subsecuentes y precedentes. Se llama actividad subsecuente a aquella actividad que continua a la realización de una actividad y actividad precedente a aquella actividad que se realiza antes de otra actividad.

La grafica siguiente trata de aclarar estos términos colocando como ejemplo algunas actividades en la fundición de una losa de entepiso

**Figura 8. Flujo de procesos subsecuentes y precedentes**



Fuente: Hernández Arnaldo. Justo a Tiempo. Pág. 68

En general, un sistema Kanban está formado por un conjunto de tarjetas que viajan entre actividades precedentes y subsecuentes, para comunicar cuáles son las partes que se necesitan en los procesos subsecuentes.

4.6.2 Reglas básicas del Kanban. Las siguientes reglas están en sintonía con los principios que rigen al sistema justo a tiempo. Proporcionan una contribución importante para evitar que se tenga un exceso de inventario.

Regla 1. El Kanban debe moverse solo cuando el lote que el describe se haya consumido. Esta regla exige que el proceso subsecuente tome las partes necesarias del proceso anterior en las cantidades necesarias y en el momento preciso en que se requieren.

Regla 2. No se permite el retiro de partes sin un Kanban. El Kanban es el único conducto para permitir el movimiento de partes de un proceso precedente a uno subsecuente.

Regla 3. El número de partes enviadas al proceso subsecuente debe ser exactamente el especificado en el Kanban.

Regla 4. Un Kanban debe de acompañar siempre a los productos físicos.

Regla 5. El proceso precedente siempre debe producir sus partes en las cantidades necesitadas por el proceso subsecuente. Los procesos nunca deben sobre producir partes, pues esto significa un desperdicio en la mano de obra y en los materiales.

Regla 6. Las partes defectuosas nunca deben ser enviadas al proceso subsecuente. En un sistema justo tiempo existe la necesidad absoluta de mantener un alto nivel de calidad en los materiales. No deben existir inventarios de seguridad.

Regla 7. El Kanban debe ser procesado en todos los centros de trabajo de manera estricta en el orden en el que llega a estos.

#### 4.7 EL DESPERDICIO DE TIEMPO

En la obra, el desperdicio del tiempo se relaciona con las horas – hombre que no producen. Las horas – hombre no solo determinan el costo directo, sino también el costo administrativo asociado a la actividad. El justo a tiempo amplía el concepto de desperdicio de tiempo. El tiempo de traslado del material es asunto de vital importancia, de él dependen por ejemplo que las actividades se inicien en el momento adecuado, según el cronograma de obra, recuérdese que no se tiene inventarios de seguridad.

4.7.1 El flujo de materiales y el desperdicio de tiempo. En el sitio de producción el tiempo se puede clasificar en tres tipos:

- De movimiento
- De espera
- De proceso

El justo a tiempo, considera los tiempos de movimiento y espera como pérdidas, por el contrario, el de proceso añade valor al producto. En un justo a tiempo, cualquier actividad que no le añade valor alguno a una parte, es una pérdida y debe ser abreviado.

- Movimiento. Es la transportación de los materiales, el movimiento de los materiales dentro del sitio de la construcción con el fin de proteger los materiales de robo, de la humedad, del calor etc. Así mismo, el movimiento que se realiza al interior del almacén de obra.



Para disminuir estos tipos de movimientos se pueden tomar decisiones como minimizar la distancia de colocación del material a la obra, realizar una buena distribución de materiales en el almacén, manejar lotes pequeños de materiales, una buena comunicación entre los trabajadores, etc.

- Espera. La espera se presenta principalmente en el almacén. Cuando los niveles de inventario son altos, existen grandes cantidades de materiales, que representan desperdicio de tiempo y de dinero. El dinero invertido de estos materiales podría estar produciendo de alguna manera ingresos para la empresa
- Procesamiento. La palabra procesamiento para el caso de los proyectos de ingeniería se puede asemejar a “construcción”. La construcción es la única parte que da valor al transformar una suma de materiales a través de la utilización de mano de obra y maquinaria. La experiencia juega un papel muy importante al momento de la reducción de este tiempo, lo mismo que una buena planeación.

## 5. EL JAT Y LOS PROVEEDORES

Las buenas relaciones con los proveedores es una de las armas del justo a tiempo. El sistema se apoya en pocos proveedores cuyos productos son de alta calidad y entregados en las cantidades necesarias en el momento oportuno. Para ello, la empresa debe proporcionarles a sus proveedores un cronograma de suministros y mantener una continua comunicación para aclarar dudas, tanto de tipo técnico, como también por si existen variaciones en los tiempos inicialmente planeados; cosa que es muy frecuente en las construcciones civiles, debido a sucesos inmanejables que se presentan, de los cuales del principal es el clima.

Por supuesto, que el proveedor comprometido debe tener la capacidad para cumplir con los requerimientos. Sin esto, es imposible el logro de las metas, debido a la falta de inventarios de seguridad.

### 5.1 GESTIÓN DE COMPRAS

La función de compras a menudo gasta más dinero que cualquier otra función de la empresa, así que compras proporciona una buena oportunidad para reducir los costos y aumentar los márgenes de beneficio. Los ahorros pueden ser grandes. Las investigaciones recientes sugieren que en las empresas occidentales los costos de material constituyen el 51% de los costos totales, mientras que los costos de mano de obra representan solo el 15%. Tecnologías como la automatización y la robótica han reducido los costos de mano de obra.

### 5.2 LA ACTIVIDAD DE COMPRAS

Ayuda a identificar los productos y servicios que mejor se pueden obtener de forma externa.

**Tabla 6. Características de las compras JAT**

Proveedores
Pocos proveedores
Proveedores cercanos o grupos de proveedores remotos
Repetición del negocio
Uso activo del análisis para permitir que los proveedores deseables sean/ permanezcan competitivos
Licitaciones limitadas a nuevas compras
Cantidades
Tasa de producción constante (un prerequisite deseable)
Entregas frecuentes en lotes pequeños
Acuerdos contractuales a largo plazo
Papeleo mínimo para realizar los pedidos
Cantidades fijas a entregar
Calidad
Mínimas especificaciones del producto impuestas al proveedor
Ayuda a los proveedores a cumplir los requerimientos de calidad
Proveedores motivados a utilizar diagramas de control del proceso en lugar de inspección de lotes por muestreo
Relaciones estrechas entre el personal de aseguramiento de la calidad del comprador y del proveedor
Envíos
Programación de la carga de entrada
Asegurar el control mediante la utilización de una compañía de transporte propia o contratar transporte y almacenamiento

Fuente: Heizer y Render, Dirección de la Producción: Decisiones Tácticas, Ed Prentice Hall

Desarrolla, evalúa y determina el mejor proveedor, precio y entrega de éstos productos y servicios.

En la construcción de viviendas, las compras se apoyan en los planos y en general en las especificaciones de la obra en general (acabados, carpintería de madera, aparatos sanitarios) lo que permite saber de forma exacta, o casi exacta, el número de artículos a necesitar.

### 5.3 REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN PROGRAMA

Los nueve pasos siguientes son una sugerencia, sin embargo, cada empresa debe adaptar el programa para sus proveedores y sus requerimientos operacionales.

1. Seleccionar a los proveedores para el programa
2. Instituir el programa JAT- CTC para proveedores
3. Realizar un contrato JAT

#### 4. Implementar los programas CTC

- Programas de mejoramiento de la calidad
- Programas de mejoramiento del proceso
- Programas de reducción de tiempos de espera

#### 5. Certificar a los proveedores JAT-CTC

#### 6. Instituir un Día del Proveedor

#### 7. Eliminar inspecciones a la recepción

#### 8. Iniciar entregas frecuentes en lotes pequeños bajo un sistema JAT-Jalón

#### 9. Evaluar el desempeño del programa JAT y hacer los cambios necesarios.

### 5.4 DEVOLUCIÓN DE MATERIALES A LOS PROVEEDORES

A primera vista, devolver la existencia a los proveedores de materiales a la fuerza sería una manera de trasladar el costo de almacenamiento pero no de reducirlo. Este argumento tiene muy poca validez. Entra en juego un principio del JAT, “almacenar el material en el punto de fabricación”, las razones son las siguientes:

- En el caso de pedidos cancelados, el almacenamiento en el punto de fabricación (construcción) evita los costos iniciales de transporte y el costo por conceptos de devoluciones o transbordos.
- Mantener los materiales en el punto de fabricación puede evitar un paso en el manejo. Cuando los materiales se despachan según la conveniencia del proveedor, es probable que parte del material llegue antes de que el usuario lo necesite; se lleva entonces a una bodega o, a menudo, a un almacén alejado. Por fin, cuando se necesita el material, habrá que manejarlo de nuevo para llevarlo al sitio de producción. El material procedente de proveedores “certificados” pasa directamente a la línea de producción, evitando manejos y almacenamientos innecesarios.
- Mantener los materiales en el punto de fabricación evita los daños.
- El fabricante debe almacenar los componentes y responsabilizarse de su costo; esto constituye un buen incentivo para que aprenda a no elaborar componentes antes de que el cliente los necesite.
- La cantidad que el proveedor deberá almacenar puede ser muy pequeña si los clientes mantienen constantes volúmenes de entrega y no cambian de parecer repetitivamente, pero ante imprevistos, el fabricante deberá aprender a ser flexible y a elaborar los productos rápidamente cuando el cliente cambie de opinión.

## 6. EL JAT Y EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD

En el sistema JAT, el constructor no maneja excesos de inventarios que cubran las partes defectuosas, esto obliga a resolver problemas de calidad antes de continuar con la elaboración del producto. Para reducir paros frecuentes en la línea, debe contar con un programa de control de la calidad antes de reducir su inventario.

Bajo el un programa de control de la calidad total (CTC), el fabricante toma diversas acciones correctivas con respecto a los problemas relacionados con la calidad hasta cumplir con las especificaciones.

### 6.1 LA CALIDAD Y EL JAT EN UN PROGRAMA DE CTC

Los departamentos de toda empresa deben estar comprometidos con la producción de productos de calidad, sus responsabilidades hacia el CTC son:

- El departamento de construcción es responsable del producto que se le va a entregar al cliente.
- El departamento de control de calidad es responsable del establecimiento de estándares de calidad y de la implantación de procedimientos de inspección y de la inspección de la calidad de los productos terminados.
- El departamento de materiales es responsable de adquirir de los proveedores las partes de la mas alta calidad
- El departamento de desarrollo de productos es el responsable de que los productos diseñados tengan calidad
- El departamento de servicio al cliente es el responsable de la recopilación de los datos reales y confiables sobre los productos enviados a los clientes y de su entrega a los departamentos de control de la calidad y de desarrollo de productos.

### 6.2 NEXO ENTRE LA CALIDAD Y JAT

6.2.1 Variabilidad, reguladores y costos de calidad. Las existencias reguladoras se explican en parte como protección contra la variabilidad de la calidad; por lo tanto al fabricar productos de calidad constante, se abre la puerta a una oportunidad JAT: reducción de existencias reguladoras.

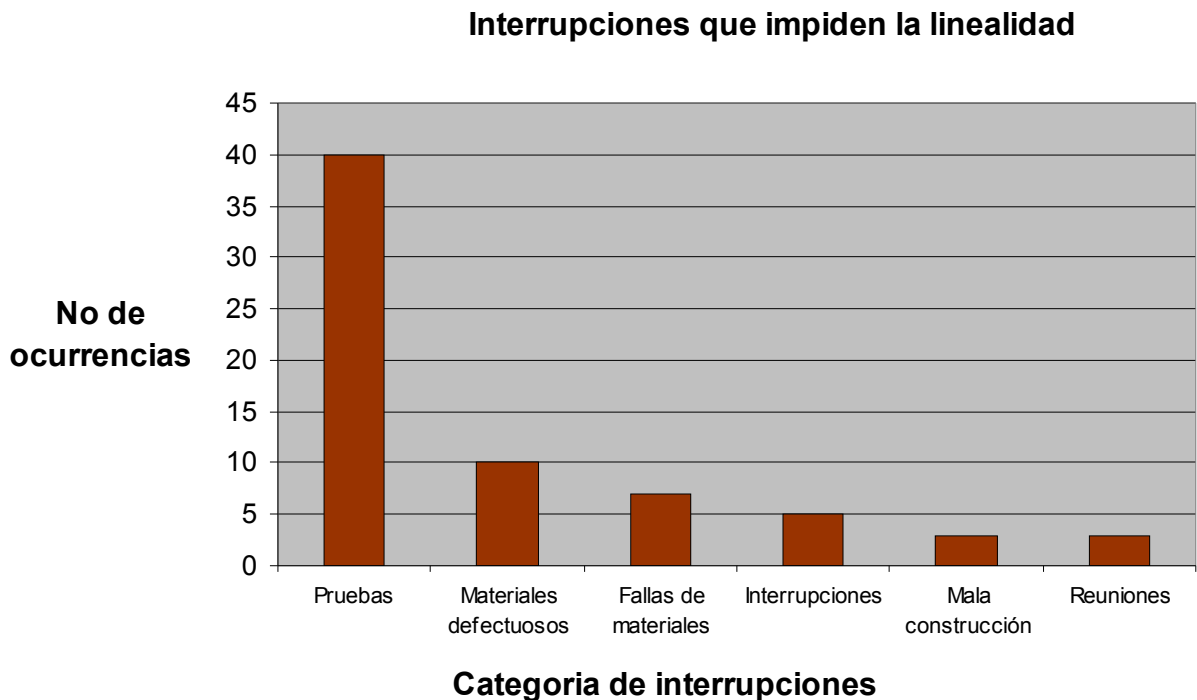
La primera meta del mejoramiento de calidad es satisfacer al cliente; las ganancias en materia de costos de calidad son una bonificación: el razonamiento

es igual para el JAT: el primer beneficio es una rápida respuesta al cliente; la bonificación es poder reducir el inventario y de allí los posibles desechos, las piezas por rehacer y los elementos nocivos del costo de la calidad. Así, el mejoramiento de la calidad y el JAT se conjugan para atacar los costos de calidad.

6.2.2 Herramientas del análisis de procesos. Un análisis de proceso puede ser tan sencillo como utilizar un medidor. La inspección de la primera y la última pieza por medio de un medidor es una técnica usual y valiosa en la producción de pequeños lotes. En un estudio más completo podrían emplearse las seis herramientas primarias de control de procesos que se citan a continuación:

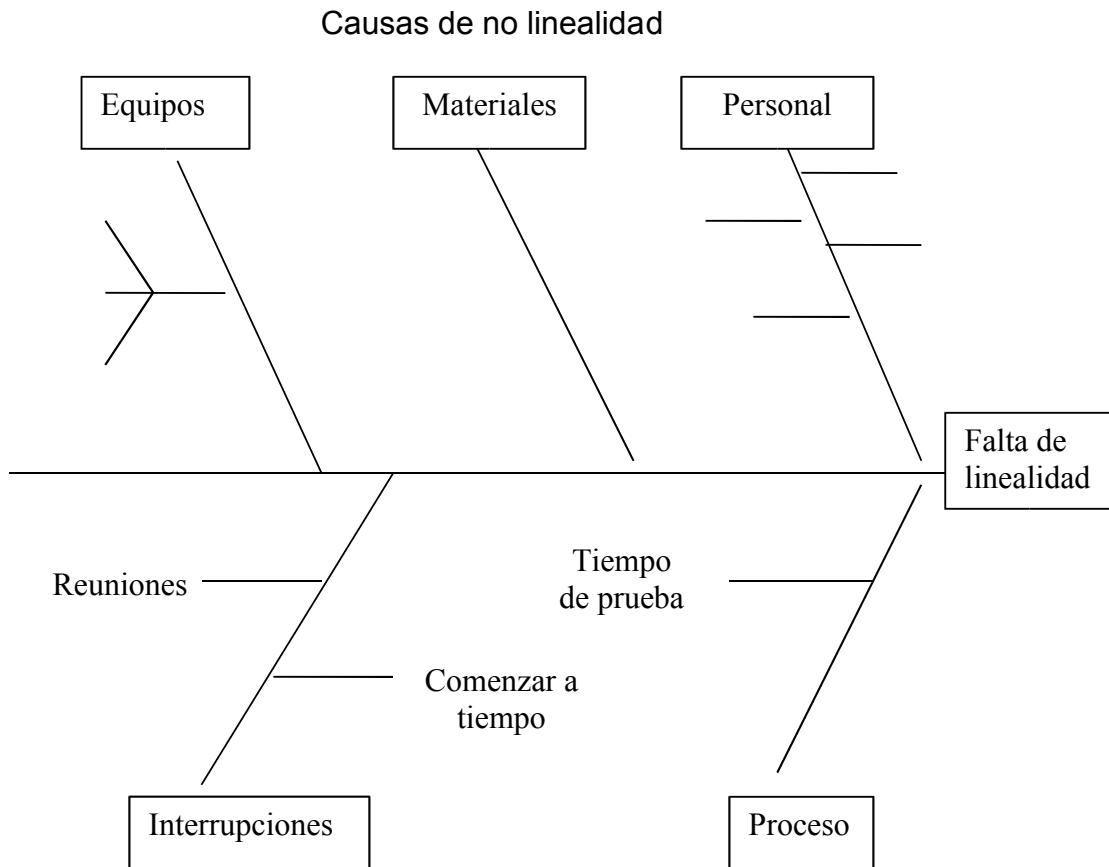
- Diagrama de flujo del proceso: seguir el flujo del producto por todos sus pasos y etapas.
- Análisis de Pareto: trazar en una grafica los trastornos (como defectos, paro de las maquinas, entregas tardías) en cada punto del proceso; elegir el peor de los casos (la barra más larga en la grafica de Pareto) para un estudio mas detallado.

**Figura 9. Grafico de Pareto**



secundarias se representan como flecos secundarios unidos a la columna. Las causas terciarias se unen a las secundarias.

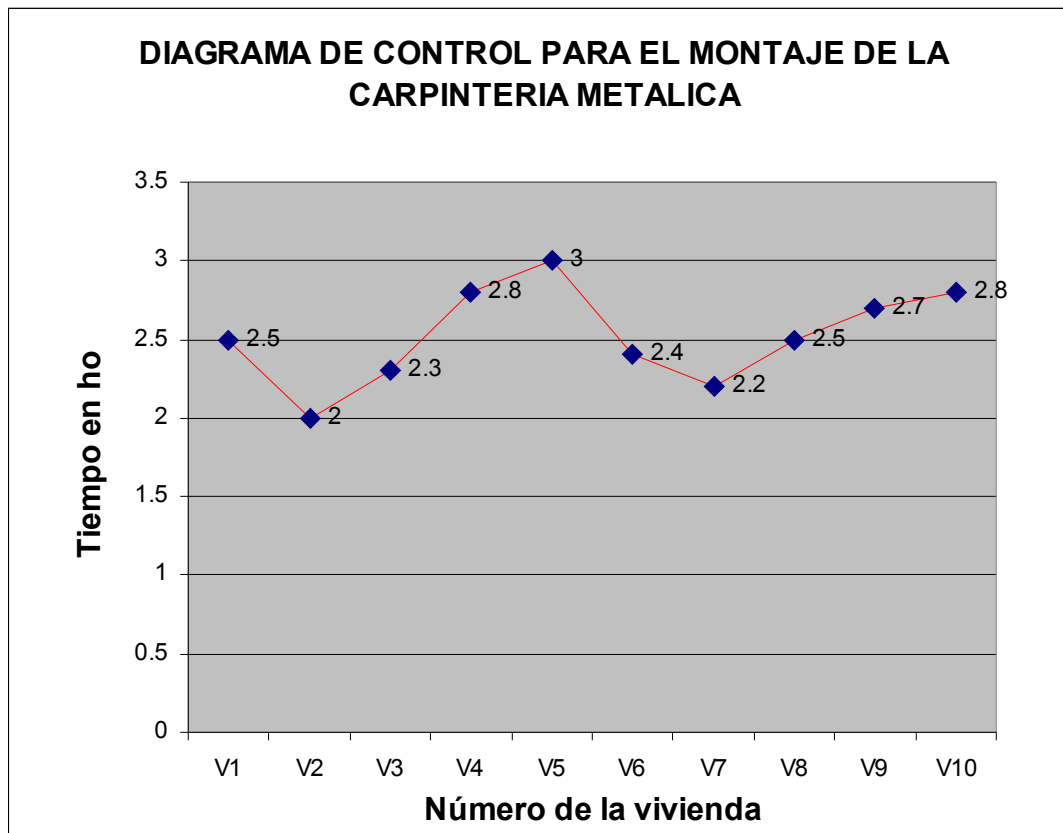
**Figura 10. Diagrama de espina de pescado**



Fuente: Richard J. Schomberger. Manufactura de Categoría Mundial. Pág. 149

- Histogramas: se utiliza para medir una característica de un proceso, quizás uno de los huesos de las extremidades y representar los datos medidos en un histograma, la forma da pistas sobre sus causas.
- Diagramas de series y cuadros de control: en muchos casos es útil representar en diagramas de series y cuadros de control los datos correspondientes a características críticas medidas en el proceso.

**Figura 11. Diagrama de control**

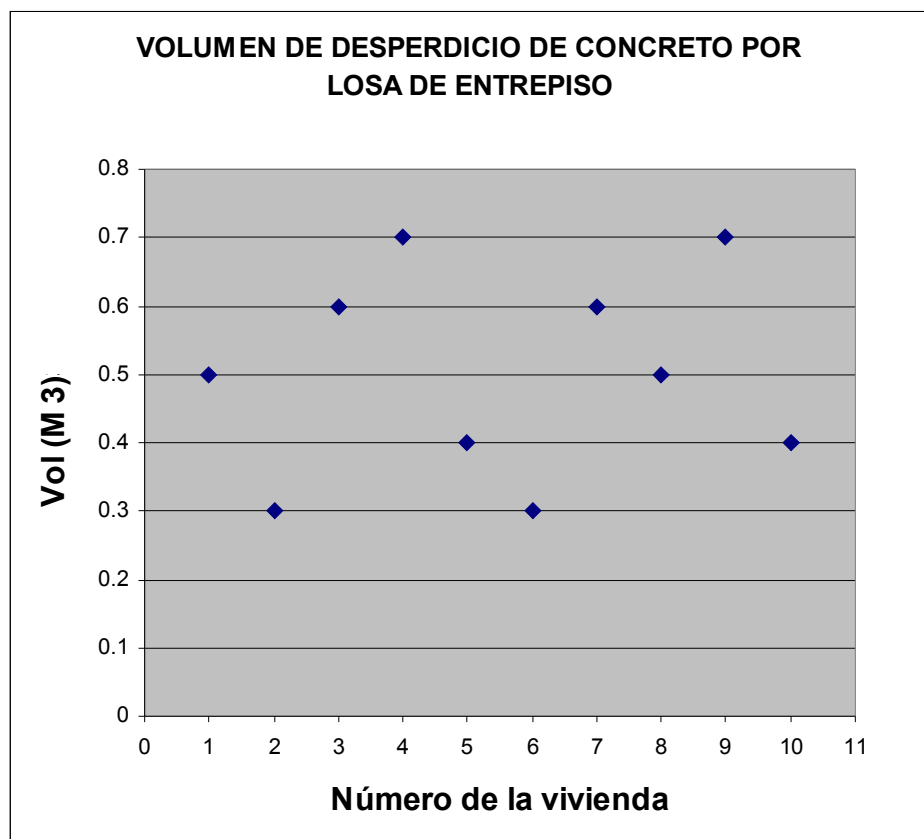


Fuente: Lind-Marchal-Mason. Estadística para administración y economía. Pág. 635

- Diagrama de dispersión y correlación: cuando el proceso está bajo control estadístico es preciso mejorarlo. Los cambios y los resultados se presentan en diagramas de dispersión para ver si hay correlación. Una buena correlación es un “éxito”; identifica una causa probable y un candidato al mejoramiento.



**Figura 12. Diagrama de dispersión**



Fuente: Lind-Marchal-Mason. Estadística para administración y economía. Pág. 459

### 6.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL

Las etapas generales para llevar a cabo un proyecto de calidad son las siguientes:

6.3.1 Evaluación y toma de conciencia. Es el comienzo del proceso, para lo cual se requiere una evaluación de las necesidades reales que tiene la organización por mejorar: la calidad, reducir pérdidas, satisfacción de clientes etc. este deseo debe ser transmitido a toda la organización para lo cual se debe capacitar a la totalidad del personal empezando por la parte superior. Luego, se debe confeccionar un plan de acción que debe contener por lo menos:

- Dirección estratégica o misión de calidad de la empresa
- Política de calidad adoptada por la organización
- Principios y valores compartidos por los miembros de la organización

- La organización del proceso de transformación
- Un plan de calidad que involucre a todos los trabajadores de la organización
- Un conjunto de estrategias y tácticas para la implementación del proceso
- Determinación de los recursos requeridos para la implementación del plan
- Las metas de calidad perseguidas por el plan y los criterios de evaluación

6.3.2 Organización para la calidad. Se debe establecer la organización adecuada para implementar la gestión de calidad, definir los objetivos y políticas de calidad. Se entiende por política de calidad, a las orientaciones y objetivos generales de una organización con relación a la calidad, expresados formalmente por la dirección superior.

Para lograr lo anterior las organizaciones crean diferentes cargos y comités, cuyas funciones son reunir ejecutivos funcionales, responsables de administrar el proceso de implementación de la calidad en sus respectivas áreas.

6.3.3 Educación y capacitación. Todo el personal debe estar involucrado en un programa de capacitación sobre los conceptos generales de la gestión de la calidad total. De la misma manera, debe dárseles una guía que les sirva para el análisis de los procesos en los cuales están involucrados.

Mejoramiento y estabilización de los procesos: lo que se busca en esta etapa es la reducción de las pérdidas y el aumento de la eficiencia. Aquí se incorpora los procedimientos y normas de la ley ISO 9000 para generar un manual de calidad de la empresa.

6.3.4 Participación de los empleados. Lo más importante en este momento es logra el compromiso de todos y saber manejar las barreras al cambio.

Mejoramiento continuo: después de establecido el programa de gestión de la calidad lo que sigue es un proceso de retroalimentación continua de tal manera que los procesos sean cada vez mejores. En esta parte son indispensables las herramientas estadísticas.

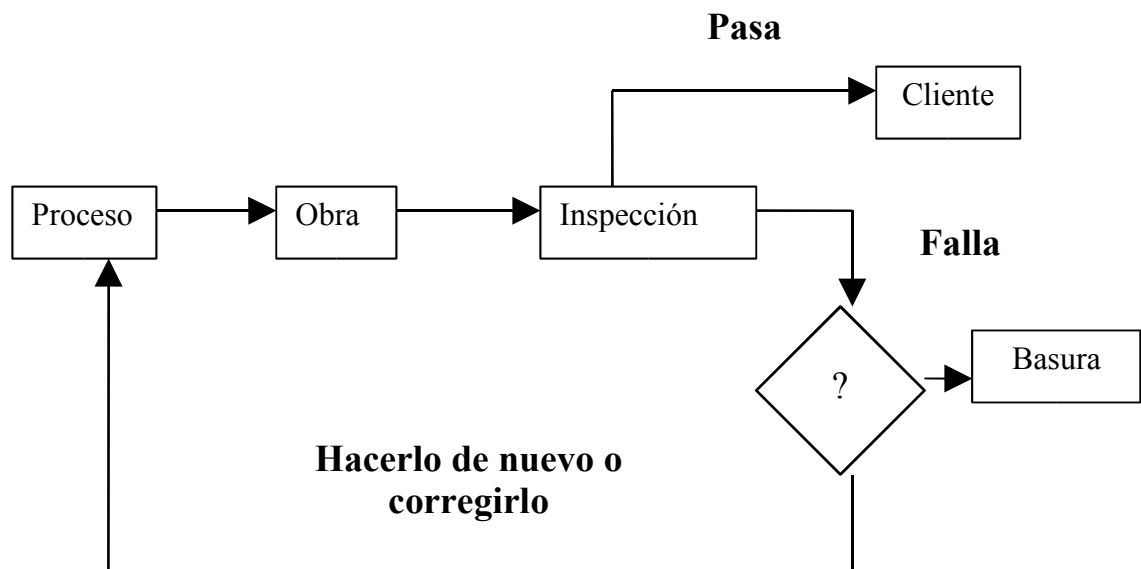
## 6.4 GESTIÓN DE LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

La inspección es el sistema utilizado para mejorar la calidad de los productos de la construcción. El problema principal de utilización de este método es que al momento de corregir el daño ya está hecho.

Por ejemplo, cuando se va a revisar si la tubería hidráulica funciona, los tubos ya están cortados, pegados y puestos en su sitio, incluso se pueden haber fundido losas de piso con las cuales queda cubierta. En el caso de un daño, su reparación implica, rompimiento de losas, cambio de tuberías, colocación de nueva tubería y pega de esta. Como se puede entender los costos son altos desde todo punto de vista.

La siguiente figura muestra el proceso tradicional de inspección en la construcción

**Figura 13. Proceso tradicional de inspección en la construcción**



Fuente: Serpell B. Alfredo. Administración de Operaciones de construcción. Pág. 274

Es decir la inspección se orienta principalmente a detectar problemas, no a prevenirlos

Por ello para implementar un proceso de calidad, como ya se ha dicho, se requiere de la colaboración de todos los implicados en el proceso de construcción, desde las personas involucradas en el suministro de los materiales hasta los ayudantes de construcción quienes son los encargados de la colocación de dichos materiales.

La siguiente figura muestra la composición de los costos reales de un proyecto, cuando se consideran las pérdidas que resultan de la mala calidad

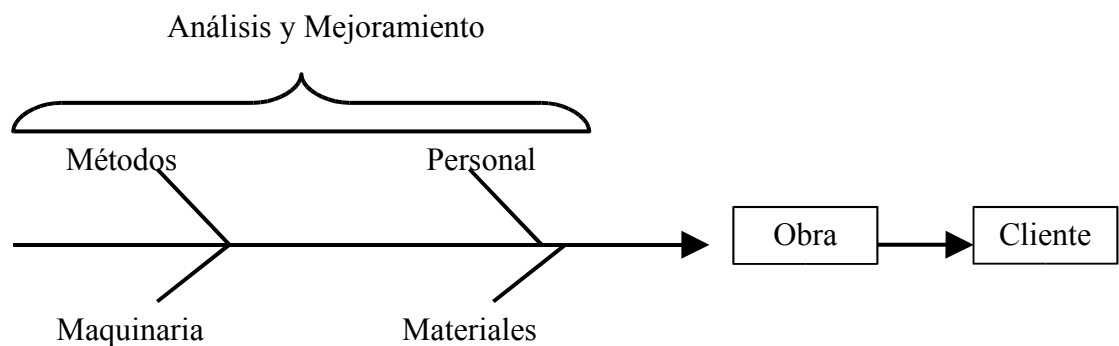
**Figura 14. Costo total de un proyecto**



Fuente: Serpell B. Alfredo. Administración de Operaciones de construcción. Pág. 274

Entonces, lo que se debe buscar es detallar cada uno de los diferentes niveles de la construcción para así evitar el mayor número errores, el modelo a seguir es el siguiente:

**Figura 15. Análisis y mejoramiento en la gestión de la calidad**



Fuente: Fuente: Serpell B. Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. Pág. 276

## 6.5 DIFICULTADES PARA LA IMPLANTACIÓN DE LA CALIDAD

A diferencia de las empresas de manufactura, cada obra a realizar es por lo general un producto casi nuevo en su totalidad por las siguientes características:

- Toda obra civil es única, no se producen obras en serie
- El sitio de construcción es único en sus características y condiciones
- El ciclo de vida de un proyecto es mucho más largo, que el de los productos manufacturados, por lo cual aumenta su complejidad
- la realimentación obtenida de los procesos actuales de diseño y construcción es muy escasa, por lo que se dificulta la corrección de fallas
- La ingeniería y la construcción son realizadas por empresas diferentes, lo que dificulta la integración.

## 6.6 COSTOS DE CALIDAD

Es de vital importancia que toda empresa maneje los costos de calidad relacionados con la ejecución de la obra.

6.6.1 Tipos de costos de calidad. Los principales costos son los siguientes:

- Costos operativos de la calidad
- Costos de la garantía externa de la calidad

Los costos operativos de la calidad son aquellos en los que se incurre con el fin de lograr la calidad requerida. Dentro de esta categoría están los siguientes:

Costos de prevención: son costos asociados con la planificación y control del programa y el sistema de aseguramiento de calidad, los ítems que se incluyen normalmente son:

- Creación del sistema y planes de calidad
- Revisión del diseño
- Análisis de datos y retroalimentación
- Capacitación y entrenamiento para la calidad
- Planificación de la calidad de los proveedores
- Auditoria e informes de calidad
- Esfuerzos de mejoramiento de calidad

Costos de evaluación de la calidad: son costos que se incurren en la evaluación directa de la calidad. Estos costos incluyen:

- Personal de inspección y de ensayos
- Servicios y materiales consumidos en inspecciones y ensayos

- Mantenimiento de equipos de muestreo y ensayos

Costos de fallas o desviaciones de calidad: Son aquellos costos que desaparecerían si no existieran defectos en la ejecución de la obra y en la terminada. Algunas de los ítems incluidos en esta categoría, son:

- Perdidas de horas – hombres y materiales en trabajo defectuoso que no será rehecho.
- Perdidas al rehacer trabajos para corregir defectos
- Rechazos de suministro de proveedores
- Inspección y ensayos de trabajos rehechos
- Perdidas de productividad debidas a defectos
- Ajustes de reclamos que deben hacerse cuando hay defectos

En general, en algunos países no se cuenta con información sobre los costos de desviaciones de la calidad. Sin embargo, en estudios realizados en Estados Unidos se logro determinar niveles de costo cercanos al 13% del costo total del proyecto. De esta cantidad se indica que aproximadamente un 79% del costo de desviación corresponde a fallas del diseño (9.5% del costo total del proyecto) y un 17% del costo de fallas, a la construcción (2.5% del costo total del proyecto).

6.6.2 Medición de los costos de calidad. Para implementar esta información, las siguientes actividades deben ser llevadas acabo:

- Establecer una estructura de cuentas para acumular los costos de calidad
- Informar al personal del propósito y alcance del sistema de control de costos de calidad.
- Describir las cuentas para proveer al personal de un medio simple para clasificar su tiempo de trabajo y uso de recursos que se carguen a calidad
- Diseñar un registro de datos y formularios adecuados
- Capacitar y motivar al personal
- Decidir que actividades de aseguramiento de calidad y trabajo de rehecho deben ser controladas
- Diseñar un sistema de formularios para capturar los datos relevantes y uno de informes de acuerdo a los propósitos deseados.

Teniendo datos de los costos de calidad, es posible:

- a. Establecer bases de referencia para mejoramiento en proyectos futuros
- b. Identificar las principales áreas de costos asociados a la calidad
- c. Determinar las causas que provocan estas pérdidas para actuar sobre ellas

## 7. ANÁLISIS DE PROYECTOS DE VIVIENDA URBANA EN LA CIUDAD DE PASTO

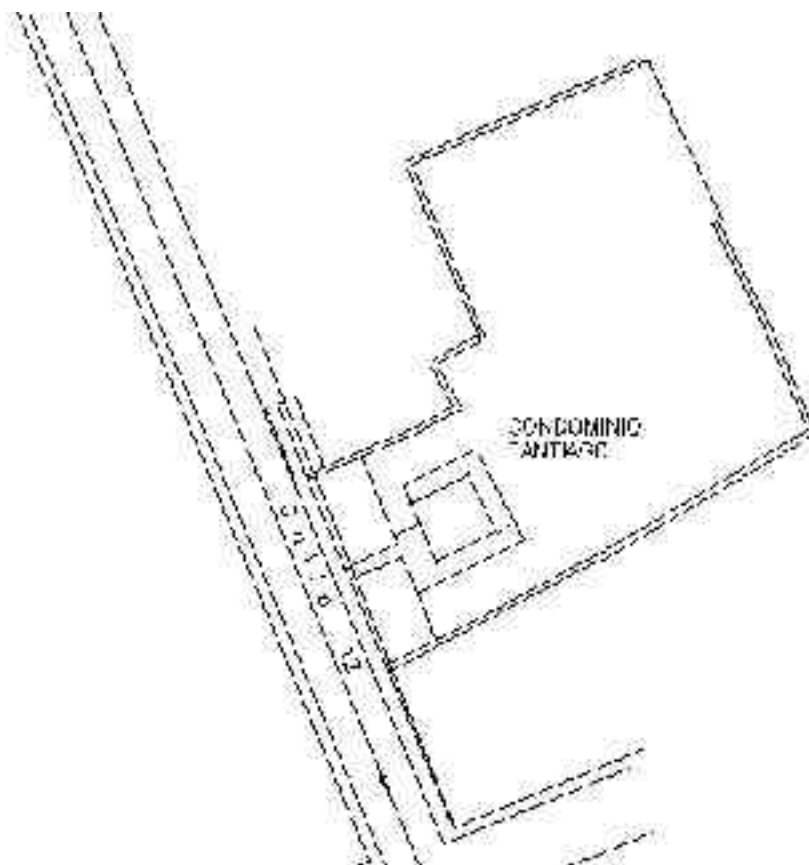
A continuación se presenta información de las obras que se estudiaron pertenecientes a la empresa Nuevo Horizonte, que es una de las constructoras más grandes en la Ciudad de Pasto y la que construye las mejores obras de vivienda urbana. Los proyectos son:

- Condominio Santiago
- Urbanización Niza III Etapa II

### 7.1 LOCALIZACIÓN Y PRESUPUESTO DE CADA PROYECTO

#### 7.1.1 Condominio Santiago

**Figura 16. Localización Condominio Santiago**



Fuente Proyecto Condominio Santiago. Constructora Nuevo Horizonte.



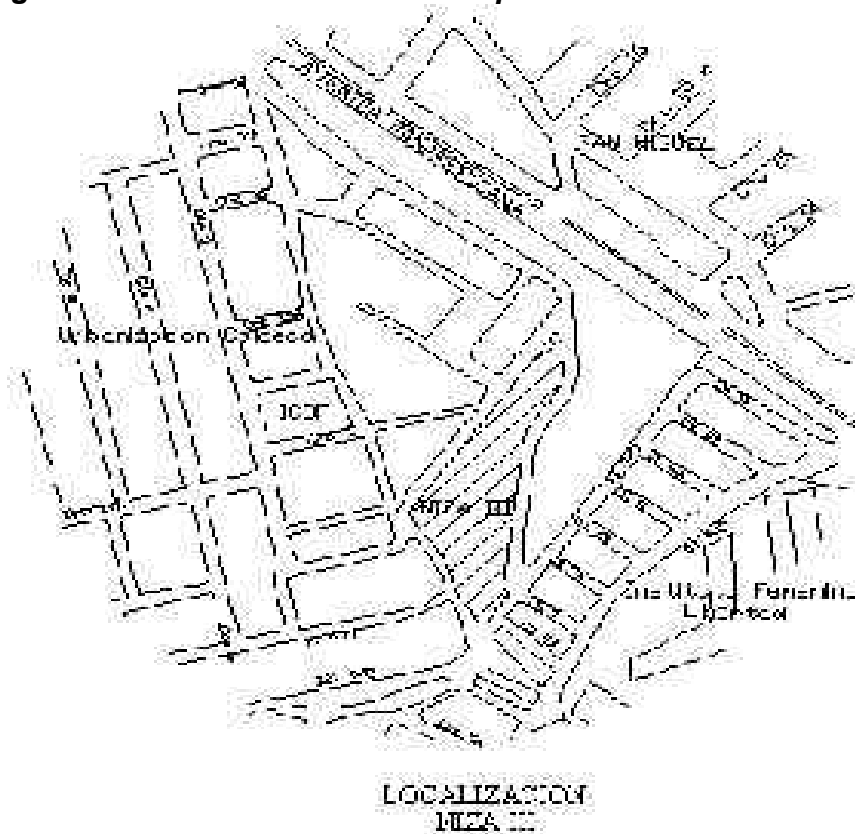
**Tabla 7. Costos Condominio Santiago**

ÁREA TOTAL:		4871.87 M2		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR	%	VR/M2
1	COSTOS DIRECTOS (Transp., acarreo, jornales, combustibles, materiales, mano de obra)	1 539 318 865	74.85%	315 960
2	COSTOS INDIRECTOS (utilidad, administración, imprevistos, pólizas, comisiones, registro, etc.)	257 306 445	12.51%	52 814
3	VALOR LOTE (Según contabilidad)	260 000 000	12.64%	53 367
	TOTAL COSTOS	2 056 625 310	100,00%	422 142

Fuente Proyecto Condominio Santiago Constructora Nuevo Horizonte

### 7.1.2 Urbanización Niza III Etapa II

**Figura 17. Localización Niza III Etapa II**



Fuente Proyecto Urbanización Niza III etapa II. Constructora Nuevo Horizonte.

**Tabla 8. Costos NIZA III Etapa II**

<b>ÁREA TOTAL:</b>		<b>1 532 M2</b>		
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>	<b>VR/M2</b>
1	COSTOS DIRECTOS (Transp., Acarreos, jornales, combustibles, materiales, mano de obra)	446.454.828	54.76%	291.419
2	COSTOS INDIRECTOS (utilidad, administración, imprevistos, pólizas, comisiones, registro, etc.)	302.845.172	37.15%	197.679
3	VALOR LOTE (Según contabilidad)	66.000.000	8.09%	43 081
	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>815.300.000</b>	<b>100,00%</b>	<b>532.180</b>

Fuente Proyecto Urbanización Niza III etapa II. Constructora Nuevo Horizonte.

## 7.2 ANÁLISIS DE INCONVENIENTES PRESENTADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONDOMINIO SANTIAGO

Según bitácora, ingenieros residentes, cronograma de actividades, actas de mano de obra y flujo de inversión.

Costos de mano de obra según presupuesto para el condominio Santiago:

Sistema de contratación de mano de obra por la empresa Nuevo Horizonte: la empresa acostumbra a trabajar con personas que anteriormente ya han trabajado con ellos, en caso de necesitar algún nuevo trabajador revisan hoja de vida del trabajador estudiándole la experiencia laboral con contratistas ya conocidos.

**Tabla 9. Cuadro general de costos de mano de obra 2004**

<b>PRESTACIONES SOCIALES %</b>		<b>85.00</b>	
Trabajador	Jornal	Prestac.	Jornal total
MAESTRO	21,600.00	18,360.00	39,960.00
OFICIAL	16,200.00	13,770.00	29,970.00
OBRERO	12,960.00	11,016.00	23,976.00
PINTOR	13,446.00	11,429.10	24,875.10

La mano de obra se contrata por actividades, el pago es quincenal por rendimiento de obra, al personal administrativo se le cancela por jornal (fuente Proyecto Condominio Santiago. Constructora Nuevo Horizonte Ltda.)

**Tabla 10. Inconvenientes y elementos implicados según Bitácora Condominio Santiago.**

<b>FECHA</b>	<b>TIPO DE INCONVENIENTES</b>	<b>TIEMPO DE RETRAZO</b>	<b>PERSONAL O MAQUINARIA</b>	<b>CALCULO DEL COSTO</b>
29-04-2004	Se encontró un error en planos de cimentación y columnas en el bloque No. 5: En planta las columnas figuran de 50 X 35 cm. y en el plano del despiece las mismas columnas figuran de 45 X 35 cm. El ingeniero estructural autoriza se construyan de 45 X 35.	½ día laboral (4 horas).	Cuadrilla de trabajo: - Maestro, - Oficial, - 2 obreros	\$ 58.594

10-05-2004	No llegó el cemento y la madera que según el comité de obra del sábado 8 de mayo había planeado.	1 día laboral	1 maestro	\$39.960
10-05-2004	El cargador y las volquetas tampoco estuvieron a la hora programada.	1 día laboral	Cuadrilla de trabajo: - Un maestro - Un oficial - 2 Obreros	\$ 117.882
12-05-2004	No hay coordinación en la programación del equipo. Esto perjudica la secuencia de actividades que se programa en obra.	½ día laboral	Cuadrilla de trabajo: - Un maestro - Un oficial - 2 Obreros	\$ 58.941
12-05-2004	Se inicia la fundición de viga de cimentación y no se ha llevado a obra los vibradores solicitados.	1 día laboral	Cuadrilla de trabajo: - Un maestro - 2 Oficiales	\$ 99.900
12-05-2004	No ha llegado a obra la formaleta para columnas.	1 día laboral	Cuadrilla de trabajo: - Un maestro - 2 Oficiales	\$ 99.900
17-05-2004	En el bloque 9 el maestro se confunde de medidas en el eje C y para mal las columnas C-1 y C-2 están desalineadas por 8 cm. Con respecto al eje.	2 ½ días laborales.	Cuadrilla de trabajo: - Un maestro - 2 Oficiales - 1 Obrero	\$ 309.690 + 177.000 de materiales.  Total pérdidas: \$ 486.690
17-08-2004	La mampostería de ladrillo visto se atrasa por falta de material.	2 días laborales.	Cuadrilla de trabajo: - Un maestro - Oficial	\$ 139.860
30-08-2004	La programación de obra se retarda por la falta de ladrillo.	2 días laborales.	Cuadrilla de trabajo: - 2 Maestros. - 2 Oficiales	\$ 279.720

07-09-2004	En el Bloque 10 la actividad de mampostería que debía terminarse el 6 de septiembre se retrazó.	2 días laborales. - -	Cuadrilla de trabajo: Un maestro Un oficial	\$ 139.860
24-09-2004	Las siguientes actividades se han retrazado: 1. Alcantarillado: por rediseño de la localización de las y cámaras. 2. Repello de pisos: por falta de cemento. 3. Enchape de baños: por falta de cerámica.	3 días laborales. - -	Cuadrilla de trabajo: 3 maestros 6 oficiales	\$ 899.100
05-10-2004	No llega la cerámica para enchape de baños. Esta actividad está parada.	2 días laborales. - -	Cuadrilla de trabajo: Un maestro Un oficial	\$ 139.860
07-10-2004	Se tomaron los niveles con manguera para el alcantarillado y se encontró que los niveles existentes no permiten llegar al colector de la calle. Los trabajos de esta actividad se paran nuevamente.	2 días laborales. -	Cuadrilla de trabajo: Un maestro	\$ 79.920
08-10-2004	El Pegacor existente solo permite trabajar hasta antes del medio día. Esta actividad (pegado cerámica) se suspende.	½ día laboral	Cuadrilla de trabajo: Dos Maestros Dos oficiales	\$ 69.930
08-10-2004	Se ordena a un maestro, desmontar la pluma y asegurarla bien para que quede segura.	½ día laboral - -	Cuadrilla de trabajo: Un maestro Un obrero	\$ 31.968
08-10-2004	La actividad de enchape está suspendida por falta de cerámica.	4 días - -	Cuadrilla de trabajo: Un maestro Un oficial	\$ 255.744
06-12-2004	Entrega de apartamentos			

Fuentes: bitácora Condominio Santiago, ingenieros residentes de la obra, cronograma de actividades, actas de mano de obra y flujo de inversión. Constructora Nuevo Horizonte.

### 7.2.1 Costos adicionales con respecto al presupuesto en el Condominio Santiago

- Pérdidas totales en tiempo de no aplicar la metodología Justo a Tiempo a la administración de la construcción del proyecto Condominio Santiago.

Pérdidas en tiempo: 31 días, aproximadamente un mes de pérdidas o retraso. Tomadas de la diferencia del cronograma de actividades programado y la duración real del proyecto obtenida de la bitácora de la obra.

El ahorro de tiempo con JAT es del 12.5 % del tiempo total de la obra para este proyecto.

- Pérdidas totales en dinero de no aplicar la metodología Justo a Tiempo a la administración de la construcción del proyecto Condominio Santiago.

Los costos generados por el retraso de la obra se pueden agrupar en tres partes:

- Costos Financieros
  - Costos Administrativos
  - Costos de mano de obra e insumos
- Los costos financieros ocurren por la corrección monetaria de los intereses generados por el banco ya que la obra se ha retrasado un periodo determinado, generando un sobre costo.

Cálculo de las pérdidas financieras (costo de oportunidad):

- Se cuenta con un presupuesto total de \$ 2.056.625.309
  - El periodo de retraso es de 31 días
  - La tasa de interés anual para diciembre de 2004 fue del 24,31%
  - El incremento por interés va a ser igual a:
    - $(\$ 2.056.625.309 * 24,31\%) / (12 \text{ meses}) = \$ 41.663. 801.05$
- Los costos administrativos se generan por el pago en el periodo de retraso del personal que se relaciona a continuación:
- Director de obra
  - Ingeniero Residente
  - Inspectores
  - Obreros de administración

Este personal es el mínimo utilizado para llevar a cabo la administración y control del proceso constructivo del proyecto.

**Tabla 11. Cálculo de las pérdidas administrativas:**

	Cantidad	Jornal	Tiempo	Valor
Director de obra	1	70000	31	2 170 000
Ingeniero Residente	1	50000	31	1 550 000
Inspectores	2	37000	31	2 294 000
Obreros de administración	6	22200	31	4 129 200
Costos de administración				10 143 200

- Costos de mano de obra e insumos se generan debido a los inconvenientes de todo tipo que se presentan en la ejecución de la obra, ya sean por incumplimiento de los proveedores, malas condiciones climáticas, errores de los maestros, mala administración de los materiales.

Cálculo de los costos de mano de obra e insumos:

El valor es igual a la sumatoria de los costos que generaron los inconvenientes calculados en la tabla No. 8, correspondientes a las dificultades presentadas en la ejecución del proyecto.

Pérdidas por costos de mano de obra e insumos en dinero: \$ 2.997.829

- Pérdidas totales en dinero de no aplicar la metodología Justo a Tiempo a la administración de la construcción del proyecto Condominio Santiago.
- Costos financieros: \$ 41.663.801.05
- Costos administrativos: \$ 10.143.200
- Costos de mano de obra e insumos: \$ 2.997.829
- Pérdidas totales en dinero: \$ 54.804.830,05
- El porcentaje de ahorro en dinero es del 2,66 % del presupuesto total de la obra.

**Tabla 12. Duración real y JAT. Condominio Santiago.**

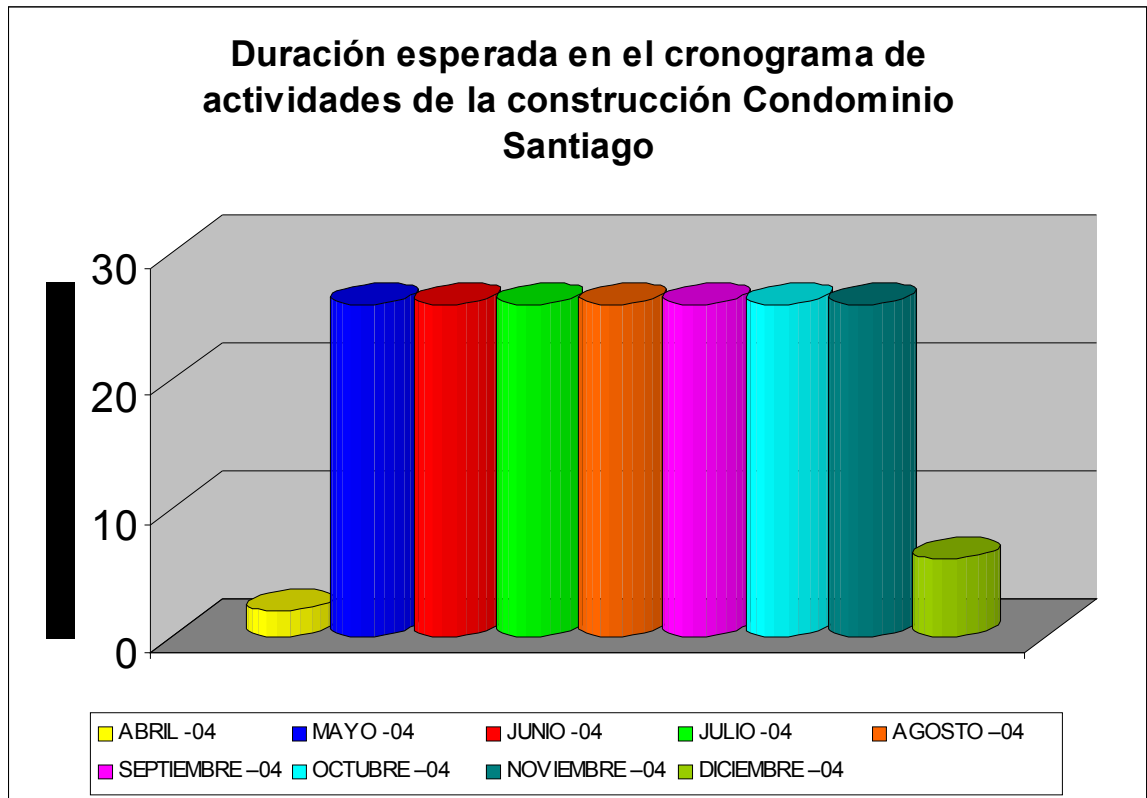
MES	DURACIÓN REAL (Días)	Retrazo (Días)	DURACIÓN JAT (Días)
ABRIL -04	2.5	0.5	2

MAYO -04	34	8	26
JUNIO -04	26	0	26
JULIO -04	26	0	26
AGOSTO -04	30	4	26
SEPTIEMBRE -04	31	5	26
OCTUBRE -04	35	9	26
NOVIEMBRE -04	26	0	26
DICIEMBRE -04	6	0	6

Con base en el análisis de inconvenientes presentados en la construcción del condominio Santiago según bitácora de obra, se elaboró la tabla No. 9, que contiene los tiempos de duración de las actividades respecto a los meses sin la aplicación de la metodología Justo a Tiempo, también se indica el tiempo de retraso ocasionado por dicha administración y el tiempo óptimo de haber aplicado la metodología Justo a Tiempo.

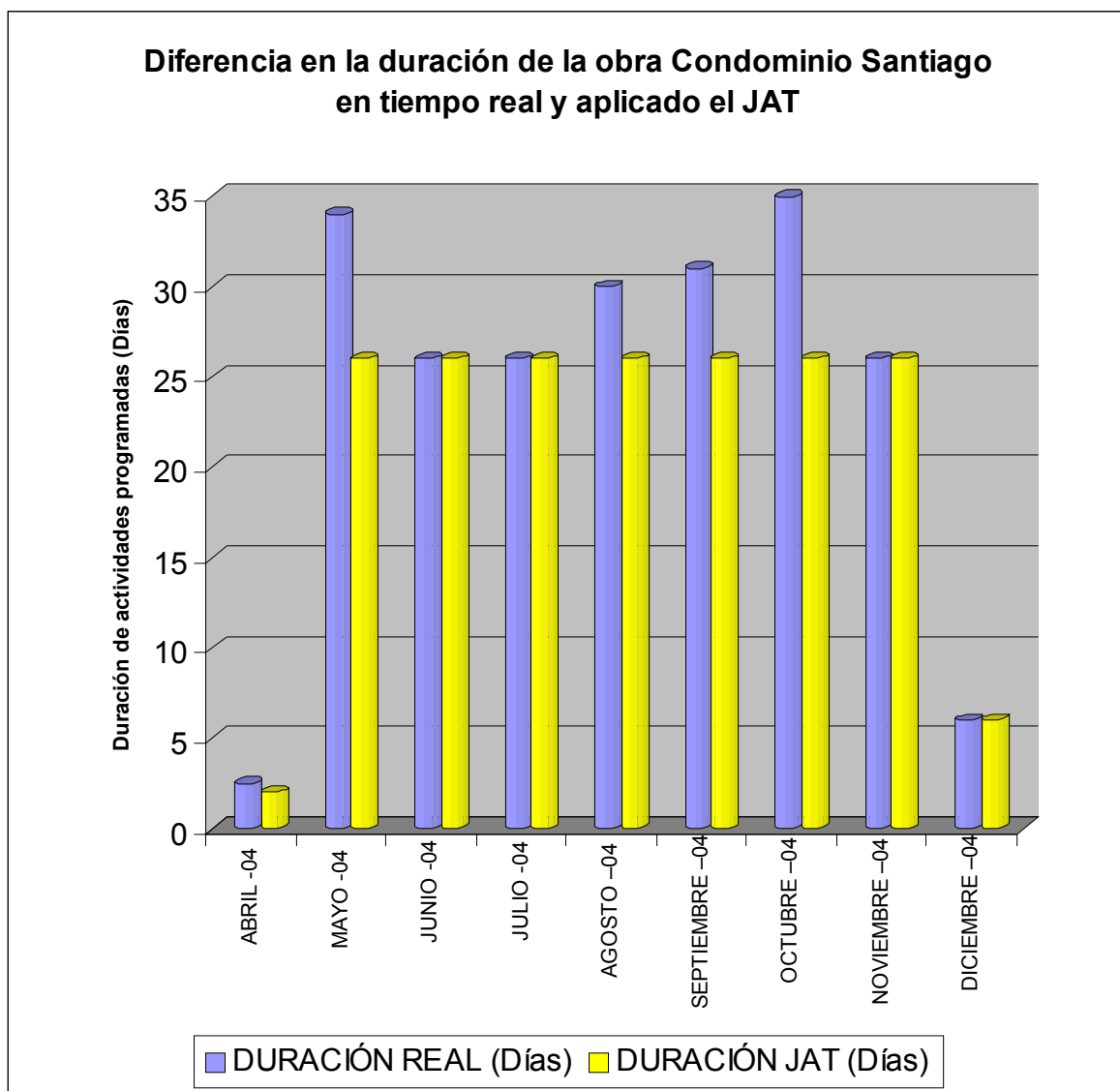


**Figura 18. Duración esperada en el cronograma de actividades de la construcción del Condominio Santiago**



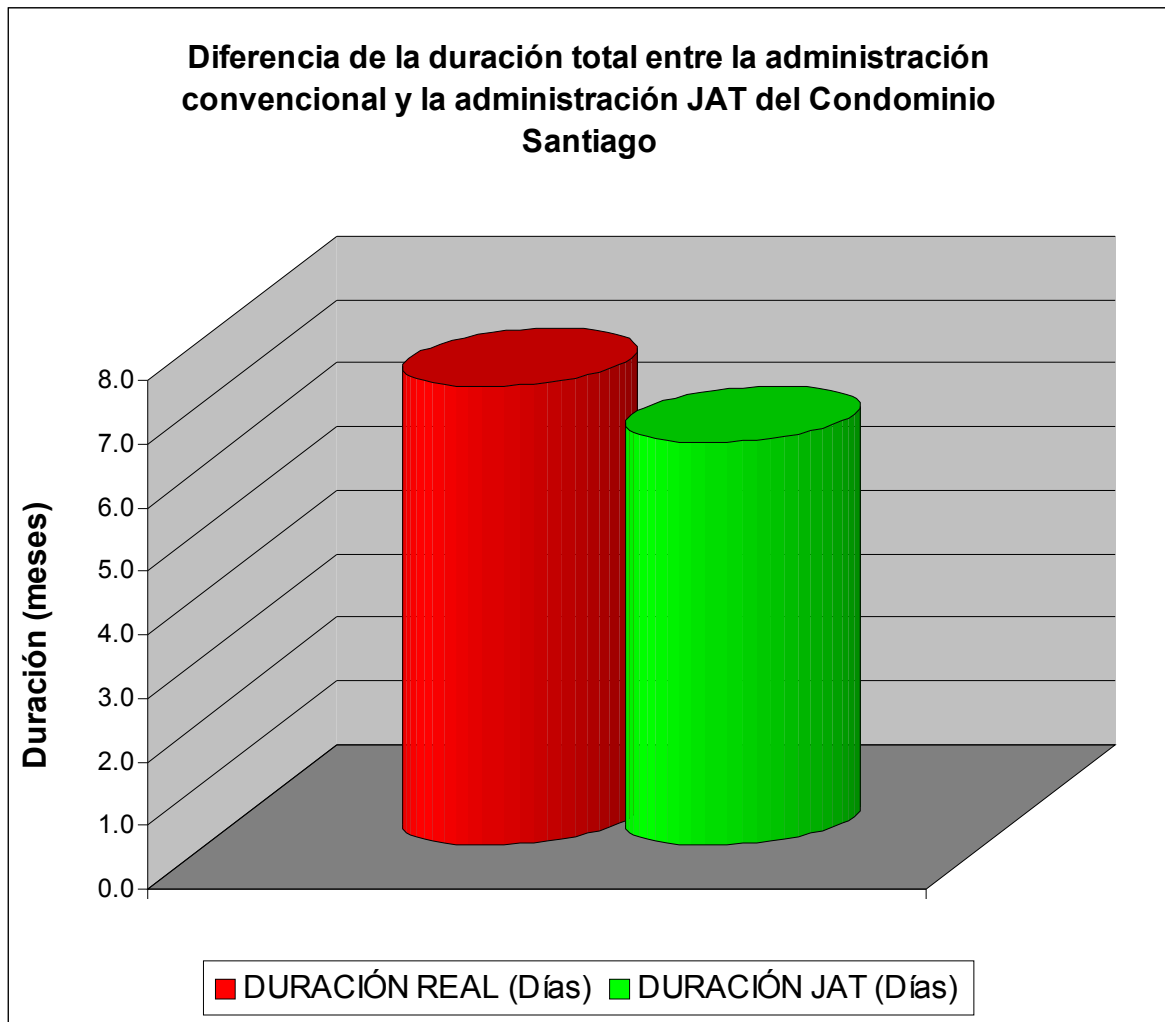
El histograma grafica la duración esperada en el cronograma de actividades del proyecto condominio Santiago. Cada cilindro equivale a la duración de las actividades programadas en determinado mes. Teniendo en cuenta que los días laborales en un mes son 26.

**Figura 19. Diferencia en la duración de la obra Condominio Santiago en tiempo real y aplicado el JAT.**



Con este histograma se busca representar gráficamente la diferencia de la administración convencional y la administración JAT. La duración real se encuentra diferenciada por el color violeta y la duración JAT se encuentra esquematizada por el amarillo.

**Figura 20. Diferencia en la duración total entre la administración convencional y la administración JAT del Condominio Santiago.**



Con la representación gráfica de este histograma se pretende demostrar la diferencia total que corresponde a la administración convencional y la administración resultante de haber aplicado la metodología JAT a la construcción del condominio Santiago. La duración total de la administración convencional se ve indicado con el color rojo y la duración total resultado de haber aplicado la metodología Justo a Tiempo está con el color verde.

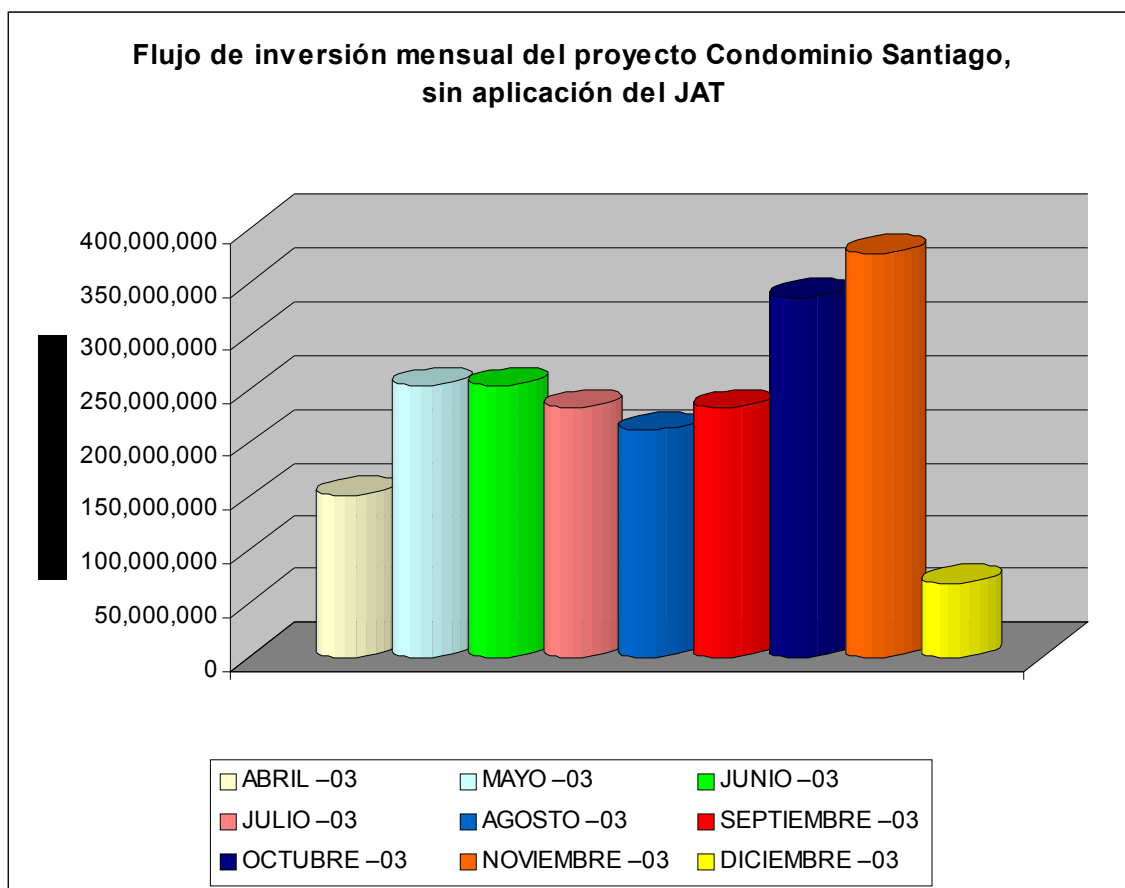
7.2.2 Costos adicionales con respecto al valor total de la obra ejecutada en el Condominio Santiago. Para este estudio se resumieron los costos de cada mes en la siguiente tabla

**Tabla 13. Costos de construcción con una administración convencional vs. una administración aplicando JAT en el Condominio Santiago.**

<b>MES</b>	<b>Costos en administración convencional (\$)</b>	<b>Costos en administración JAT (\$)</b>
ABRIL -03	150,275,661	143,909,197
MAYO -04	253.106.926	245,224,062
JUNIO -04	253.106.926	246,073,537
JULIO -04	232.540.673	225,507,284
AGOSTO -04	211.974.420	204,293,531
SEPTIEMBRE -04	232.540.673	224,545,284
OCTUBRE -04	335.371.938	327,652,199
NOVIEMBRE -04	376.504.445	369,471,056
DICIEMBRE -04	68.010.648	60,977,259
<b>TOTALES</b>	<b>2.113.432.310</b>	<b>2.047.653.406</b>

Con base en el análisis de inconvenientes presentados en la construcción del condominio Santiago según: bitácora, ingenieros residentes, cronograma de actividades, actas de mano de obra y flujo de inversión, se elaboró la tabla No. 10 la cual contiene los costos en administración convencional de las actividades respecto a los meses sin la aplicación de la metodología Justo a Tiempo, también se indican los costos en administración de haber aplicado la metodología Justo a Tiempo entendiendo esta como la planificada y plasmada en el cronograma real de obra.

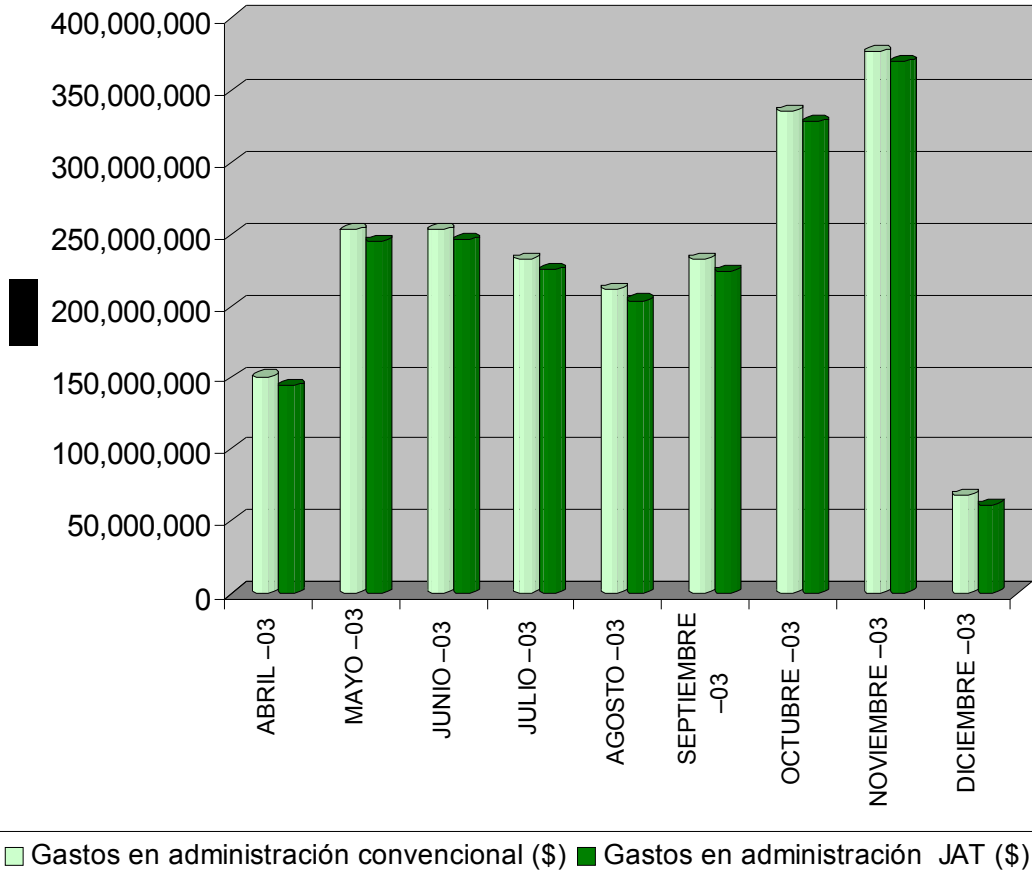
***Figura 21. Flujo de inversión mensual del proyecto Condominio Santiago, sin la aplicación del JAT.***



El histograma grafica el flujo de inversión mensual de la construcción del condominio Santiago sin la aplicación del JAT. Cada cilindro equivale a la inversión de las actividades programadas en determinado mes. Teniendo en cuenta que los días laborales en un mes son 26, según datos de la tabla 10.

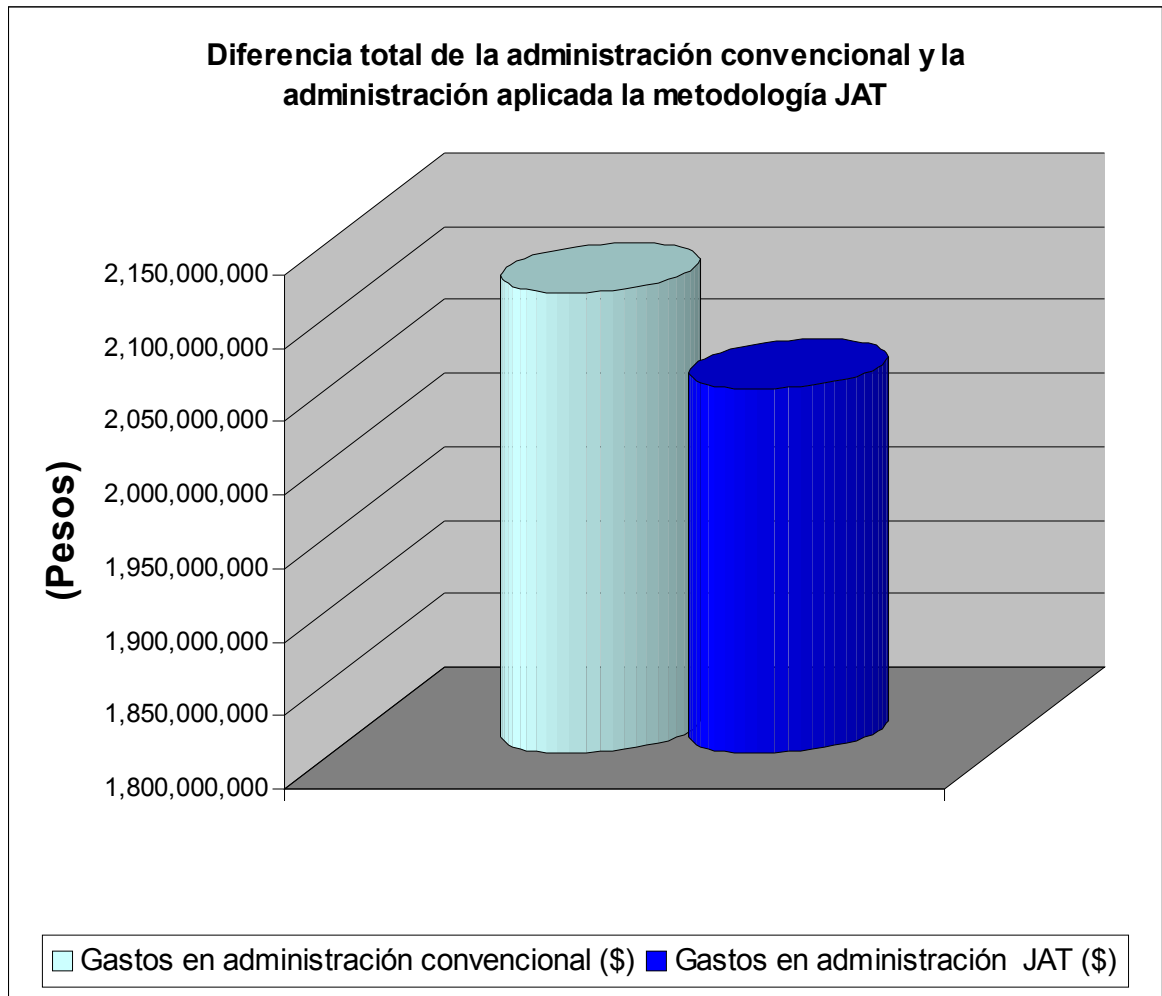
**Figura 22. Diferencia del flujo mensual de fondos por administración convencional y administración aplicando JAT del proyecto Condominio Santiago.**

**Diferencia del flujo mensual de fondos por Administración convencional y Administración aplicada el JAT del proyecto Urbanización Niza III etapa II**



Con este histograma se busca representar gráficamente la diferencia en costos de la administración convencional y la administración JAT. La inversión de acuerdo a la administración convencional se encuentra diferenciada por el color verde claro y la inversión de haber aplicado la metodología JAT a la administración de la construcción del Condominio Santiago se encuentra esquematizada por el verde oscuro, según datos de la tabla 10.

**Figura 23. Diferencia total en costos de la administración convencional y la administración aplicando JAT al Condominio Santiago.**



Con la representación gráfica de este histograma se pretende demostrar la diferencia total que corresponde a la inversión de la administración convencional y la inversión de la administración resultante de haber aplicado la metodología JAT a la construcción del condominio Santiago. La inversión total de la administración convencional se ve indicado con el color azul claro y la inversión total resultado de haber aplicado la metodología Justo a Tiempo está con el color azul oscuro, según datos de la tabla 13 resultado de la suma de cada columna.

### 7.3 ANÁLISIS DE INCONVENIENTES PRESENTADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA URBANIZACIÓN NIZA III ETAPA II

Según bitácora, ingenieros residentes, cronograma de actividades, actas de mano de obra y flujo de inversión.

Presupuesto mano de obra para la urbanización NIZA III etapa II:

**Tabla 14. Cuadro general de costos de mano de obra 2003 -2004.**

#### CUADRO GENERAL DE MANO DE OBRA 2003

<b>PRESTACIONES SOCIALES %</b>			<b>85.00</b>
Trabajador	Jornal	Prestac.	Jornal total
MAESTRO	20,000.00	17,000.00	37,000.00
OFICIAL	15,000.00	12,750.00	27,750.00
OBRERO	12,000.00	10,200.00	22,200.00
PINTOR	12,450.00	10,582.50	23,032.50
TOPÓGRAFO	40,000.00	34,000.00	74,000.00
CADENERO 1ero	15,000.00	12,750.00	27,750.00
CADENERO 2do	10,000.00	8,500.00	18,500.00

#### CUADRO GENERAL DE MANO DE OBRA 2004

<b>PRESTACIONES SOCIALES %</b>			<b>85.00</b>
Trabajador	Jornal	Prestac.	Jornal total
MAESTRO	21,600.00	18,360.00	39,960.00
OFICIAL	16,200.00	13,770.00	29,970.00
OBRERO	12,960.00	11,016.00	23,976.00
PINTOR	13,446.00	11,429.10	24,875.10

Fuente: Constructora Nuevo Horizonte Ltda.



**Tabla 15. Inconvenientes y elementos implicados según Bitácora Urbanización Niza III Etapa II.**

<b>FECHA</b>	<b>TIPO DE INCONVENIENTES</b>	<b>TIEMPO DE RETRAZO</b>	<b>PERSONAL O MAQUINARIA</b>	<b>CÁLCULO DEL COSTO</b>
16-02-2003	Se inician labores de obra con excavación manual y construcción de campamento. Se presentan inconvenientes con maquinaria.	1 día laboral.	Cuadrilla de trabajo: 1 maestro 1 oficial 2 obreros 1 Excavadora	\$ 372.150
25-02-2003	Se presentan inconvenientes con los materiales especialmente con el cemento.	1 día laboral	Cuadrilla de trabajo: 1 maestro 1 oficial 2 obreros	\$109.150
06-03-2003	No llega a tiempo la formaleta para columnas.	1 día laboral.	Cuadrilla de trabajo: Un maestro Un oficial 2 Obreros	\$ 109.150
08-03-2003	No hay coordinación en la programación del equipo. Esto perjudica la secuencia de actividades que se programa en obra.	½ día laboral	Cuadrilla de trabajo: Un maestro Un oficial 2 Obreros	\$ 54.575
15-03-2003	Se presentan desperfectos con dos de los tres vibradores retrasando la fundición de las vigas de cimentación.	½ día laboral	Cuadrilla de trabajo: Un maestro 2 Oficiales	\$ 46.250
28-03-2003	Por falta de diseño arquitectónico definitivo se deben suspender las actividades.	1 día laboral	Cuadrilla de trabajo: Un maestro 2 Oficiales	\$ 92.500
17-04-2003	No hay coordinación en la programación del equipo. Esto perjudica la secuencia de actividades que se programa en obra.	½ días laborales.	Cuadrilla de trabajo: Un maestro 2 Oficiales 1 Obrero	\$ 57.350

18-04-2003	La mampostería de ladrillo visto se atrasa por falta de material.	2 días laborales.	Cuadrilla de trabajo: Un maestro Oficial	\$ 129.500
25-05-2003	La programación de obra se retarda por la falta de cemento.	1 días laborales.	Cuadrilla de trabajo: 2 Maestros. 2 Oficiales	\$ 129.500
26-05-2003	Se suspende la actividad de mampostería por falta de ladrillo.	2 días laborales.	Cuadrilla de trabajo: 1 maestro 1 oficial	\$ 129.500
09-06-2003	Se retrasa la fundición de lozas por falta de materiales.	3 días laborales.	Cuadrilla de trabajo: 3 maestros 6 oficiales 8 obreros	\$ 455.100
15-06-2003	El maestro Julio Muéses se retrasa en la fundición de la viga de contrapeso sin excusa.	1 días laborales.	Cuadrilla de trabajo: 1 maestro 1 oficial	\$ 64.750
15-07-2003	Se encuentran errores en los planos del apartamento 301 bloque 27 y se suspenden las actividades.	1 días laborales.	Cuadrilla de trabajo: 1ingeniero residente 1 maestro 1 oficial 2 obreros	\$ 147.150
20-07-2003	Se suspenden actividades por falta de ladrillo.	½ día laboral	Cuadrilla de trabajo: 2 maestros 2 oficiales 4 obreros	\$ 109.150
28-07-2003	Se cambia el proveedor de cemento por deficiencias en el suministro.	½ día laboral	Cuadrilla de trabajo: Un maestro Un obrero	\$ 29.600
08-08-2003	Se le ordena al maestro Libardo Rosero desmontar la formaleta de los pedestales por errores en la alineación	2 días	Cuadrilla de trabajo: 1 maestro 1 oficial	\$ 129.500

12-08-2003	Se rechaza losa prefabricada de entepiso por desperfectos.	½ día laboral.	Cuadrilla de trabajo: 1 maestro 1 oficial	\$ 32.375
15-08-2003	Se suspende la fundición de las pantallas de los bloques 3-4 por deficiencias en el suministro de triturado	1 día laboral	Cuadrilla de trabajo: 2 maestros 4 oficiales 8 obreros	\$ 362.600
07-09-2003	Se encuentran detenidas las labores de desalojo de escombros por incumplimiento en el alquiler del cargador.	1 día laboral	Cuadrilla de trabajo: 2 oficiales 4 obreros	\$144.300
08-09-2003	Por deficiencias en comunicación se presenta una mala coordinación en maquinaria.	½ día laboral	Cuadrilla de trabajo: 1 oficial 2 obreros 1 cargador	\$372.150
15-10-2003	Por desniveles en el repello de columnas se hace repetir el proceso.	1 día laboral	Cuadrilla de trabajo: 1 maestro 1 obrero	\$ 59.200
24-10-2003	Ocurre un accidente con un obrero.	½ día laboral	Cuadrilla de trabajo: 1 oficial 2 obreros	\$ 36.075
26-10-2003	Se suspende la actividad de fundición de lozas de tanques de reserva por encontrar deficiencias en el diseño.	1 día laboral	Cuadrilla de trabajo: 1 maestro 2 oficiales 4 obreros	\$ 181.300
11-12-2003	Se encuentran retrasadas las actividades de repello de pisos, repello de columnas de los bloques 3-4, 7-8, 11-12.	2 días laborales	Cuadrilla de trabajo: 3 maestros 3 oficiales 9 obreros	\$ 394.050
22-12-2003	No se presentan 1 maestro y 2 obreros retrasando las actividades.	1 día laboral	Cuadrilla de trabajo: - 2 obreros	\$ 44.400

15-02-2004	Por falta de cerámica se suspenden actividades de enchape.	2 días laborales	Cuadrilla de trabajo: - 1 maestro - 2 obreros	\$ 175.824
23-02-2004	Por falta de supervisión se debe rectificar los puntos hidrosanitarios de los apartamentos 202, 302 del bloque 5-6 Materiales dañados	2 días laborales	Cuadrilla de trabajo: 1 maestro 2 obreros	\$ 175.824
15-03-2004	Está retrazada la actividad de instalación de carpintería metálica	2 días laborales	Cuadrilla de trabajo: - 2 obreros	\$ 47.952
15-04-2004	Entrega de apartamentos			

Fuentes: bitácora Urbanización Niza III etapa II, ingenieros residentes de la obra, cronograma de actividades, actas de mano de obra y flujo de inversión. Constructora Nuevo Horizonte.

### 7.3.1 Costos adicionales con respecto al presupuesto en la Urbanización Niza III Etapa II

- Pérdidas totales en tiempo y dinero de no aplicar la metodología Justo a Tiempo a la administración del proyecto llamado Urbanización Niza III etapa II.

Resultado de la interacción de las fechas de inicio y final de los cronogramas programados y los ejecutados.

Pérdidas en tiempo: 38 días laborales de pérdidas o retraso.

El ahorro de tiempo con JAT es del 10.1 % del tiempo total de la obra, calculado así:

- Fecha de inicio : 16-02-2003
- Fecha de finalización programada (según cronograma de obra): 07-03-2004
- Fecha de finalización real (según bitácora): 15-04-2004
- Total días de construcción programadas: 376 días.
- Porcentaje según el retraso =  $(38/376)*100 = 10.1\%$
- Pérdidas totales en dinero de no aplicar la metodología Justo a Tiempo a la administración de la construcción del proyecto Urbanización Niza III etapa II.

Los costos generados por el retraso de la obra se pueden agrupar en tres partes:

- Costos Financieros
  - Costos Administrativos
  - Costos de mano de obra e insumos
- Los costos financieros ocurren por la corrección monetaria de los intereses generados por el banco ya que la obra se ha retrasado un periodo determinado, generando un sobre costo.

Cálculo de las pérdidas financieras:

- Se cuenta con un presupuesto total de \$ 815 300 000
  - El periodo de retraso es de 38 días
  - La tasa de interés anual para diciembre de 2004 fue del 26,94%
  - El incremento por interés va a ser igual a:
  - $(\$ 815\,300\,000 * 26,94\%) / (12 \text{ meses}) = \$ 18\,303\,485$
  - $\$ 18\,303\,485 / 30 \text{ días} = \$ 610\,116 \text{ de pérdida diaria} * (38) = \$ 23\,184\,414$
- Los costos administrativos se generan por el pago en el período de retraso del personal que se relaciona a continuación:
- Director de obra
  - Ingeniero Residente
  - Inspectores
  - Obreros de administración

Este personal es el mínimo utilizado para llevar a cabo la administración y control del proceso constructivo del proyecto.

**Tabla 16. Cálculo de las pérdidas Administrativas en Niza III Etapa II**

	Cantidad	Jornal	Tiempo	Valor
Director de obra	1	75 000	38	2 850 000
Ingeniero Residente	1	55 000	38	2 090 000
Inspectores	2	40 000	38	3 040 000
Obreros de administración	6	25 000	38	5 700 000
Costos de administración				13 680 000

- Costos de mano de obra e insumos. Se generan debido a los inconvenientes de todo tipo que se presentan en la ejecución de la obra, ya sean por incumplimiento de los proveedores, malas condiciones climáticas, errores de los maestros, mala administración de los materiales.

Cálculo de los costos de mano de obra e insumos:

El valor es igual a la sumatoria de los costos que generaron los inconvenientes calculados en la tabla No. 12, correspondientes a las dificultades presentadas en la ejecución del proyecto.

Pérdidas por costos de mano de obra e insumos en dinero: \$ 4.190.925

- Pérdidas totales en dinero de no aplicar la metodología Justo a Tiempo a la administración de la construcción del proyecto Urbanización Niza III etapa II.
- Costos financieros: \$ 23 184 414
- Costos administrativos: \$ 13 680 000
- Costos de mano de obra e insumos: \$ 4.190.925
- Pérdidas totales en dinero: \$ 41.055.339

El porcentaje de ahorro en dinero es del 5,04% del presupuesto total de la obra.

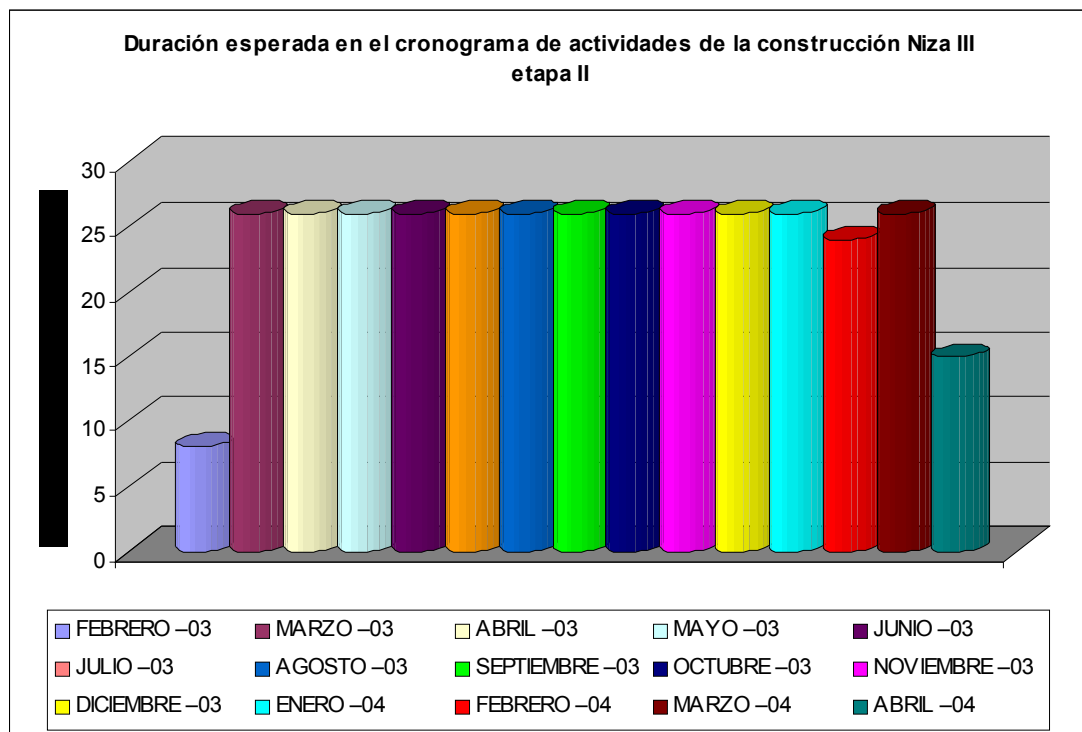
**Tabla 17. Duración real en la construcción Urbanización Niza III Etapa II y duración de la administración aplicando el JAT.**

MES	DURACIÓN REAL (Días)	DURACIÓN JAT (Días)
FEBRERO -03	11	8
MARZO -03	29	26
ABRIL -03	28.5	26
MAYO -03	29	26
JUNIO -03	30	26
JULIO -03	28	26
AGOSTO -03	29.5	26
SEPTIEMBRE -03	27.5	26
OCTUBRE -03	28.5	26
NOVIEMBRE -03	26	26
DICIEMBRE -03	29	26
ENERO -04	26	26
FEBRERO -04	28	24
MARZO -04	28	26
ABRIL -04	15	15

Con base en el análisis de inconvenientes presentados en la construcción de la urbanización Niza III etapa II según bitácora de obra se elaboró la tabla No. 14 la que contiene los tiempos de duración de las actividades respecto a los meses sin

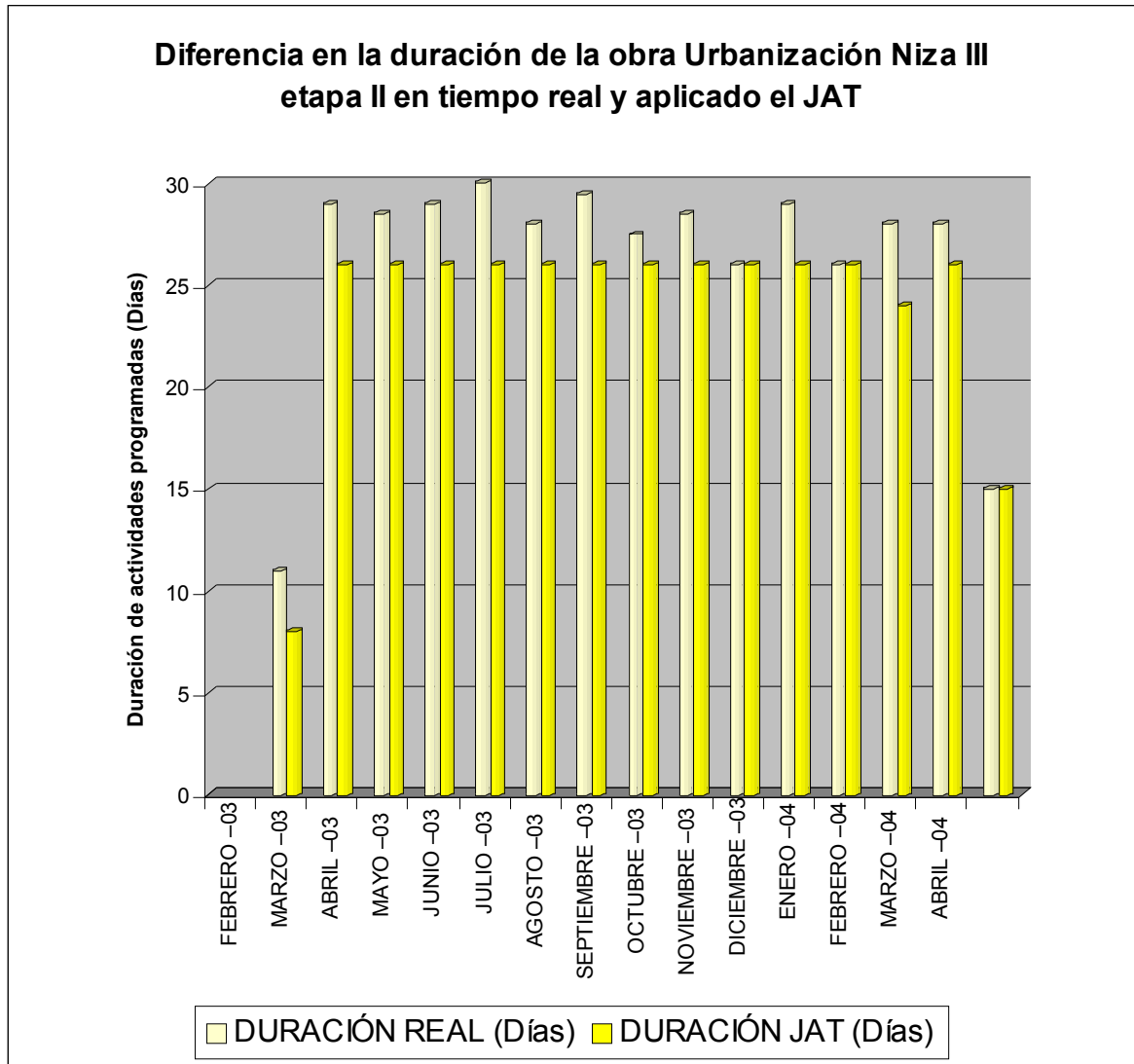
la aplicación de la metodología Justo a Tiempo, también se indica el tiempo de retraso ocasionado por dicha administración y el tiempo óptimo de haber aplicado la metodología Justo a Tiempo.

**Figura 24. Duración esperada en el cronograma de actividades de la construcción Niza III Etapa II.**



El histograma grafica la duración esperada en el cronograma de actividades del proyecto Niza III etapa II. Cada cilindro equivale a la duración de las actividades programadas en determinado mes. Teniendo en cuenta que los días laborales en un mes son 26, según tabla No. 14.

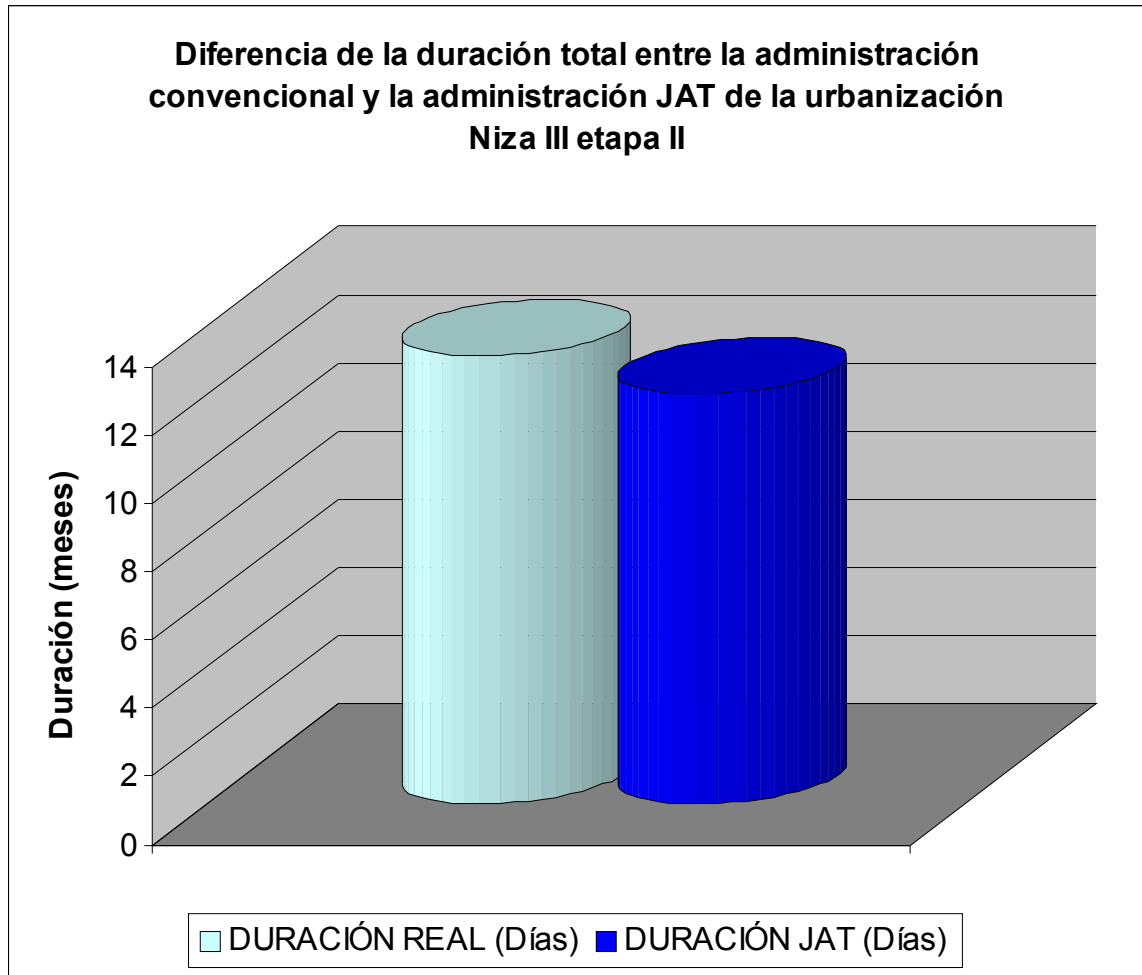
**Figura 25. Diferencia en la duración de la obra Urbanización Niza III Etapa II en tiempo real y aplicando JAT.**



Con este histograma se busca representar gráficamente la diferencia de la administración convencional y la administración JAT. La duración real se encuentra diferenciada por el color amarillo claro y la duración JAT se encuentra esquematizada por el amarillo oscuro.



**Figura 26. Diferencia de la duración total entre la administración convencional y la administración JAT en la urbanización Niza III Etapa II.**



Con la representación gráfica de este histograma se pretende demostrar la diferencia total que corresponde a la administración convencional y la administración resultante de haber aplicado la metodología JAT a la construcción de la urbanización Niza III etapa II. La duración total de la administración convencional se ve indicado con el color azul claro y la duración total resultado de haber aplicado la metodología Justo a Tiempo está con el color azul oscuro, según la tabla No. 14.

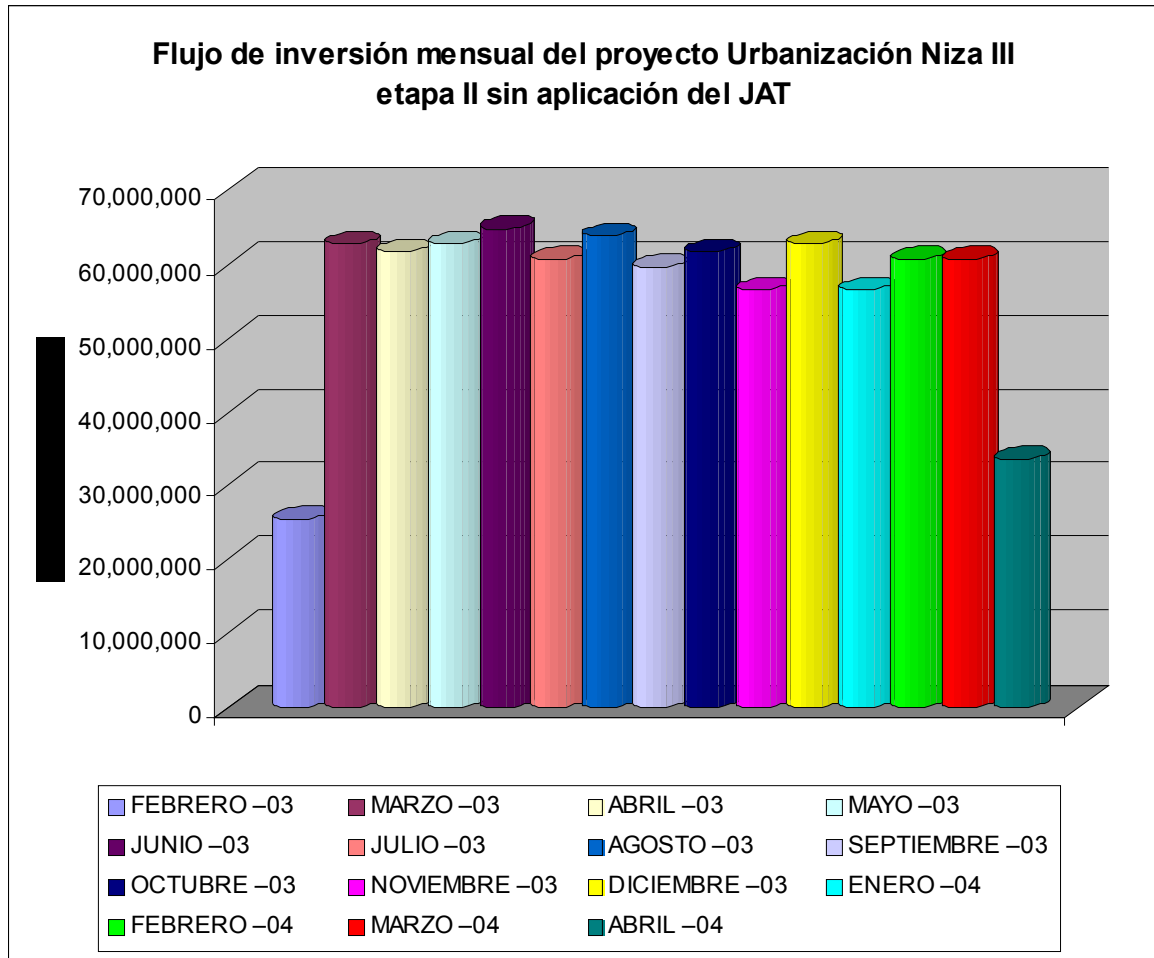
7.3.2. Costos adicionales con respecto al valor total de la obra ejecutada en Niza III Etapa II. De la misma manera que para el anterior proyecto los costos mensuales se resumen en la siguiente tabla

**Tabla 18. Costos de construcción con una administración convencional vs. una administración aplicando JAT en Niza III Etapa II**

<b>MES</b>	<b>Costos en administración convencional (\$)</b>	<b>Costos en administración JAT (\$)</b>
FEBRERO -03	25,413,001	22,116,802
MARZO -03	62,754,986	59,138,112
ABRIL -03	61,717,708	58,096,809
MAYO -03	62,754,986	59,181,587
JUNIO -03	64,829,540	60,930,541
JULIO -03	60,680,431	57,080,132
AGOSTO -03	63,792,263	59,953,389
SEPTIEMBRE -03	59,643,153	55,812,304
OCTUBRE -03	61,717,708	58,126,734
NOVIEMBRE -03	56,531,321	53,216,922
DICIEMBRE -03	62,754,986	59,002,137
ENERO -04	56,531,321	53,216,922
FEBRERO -04	60,680,431	56,920,432
MARZO -04	60,680,431	57,321,632
ABRIL -04	33,711,220	30,702,071
<b>TOTALES</b>	<b>854.193.486</b>	<b>800.816.526</b>

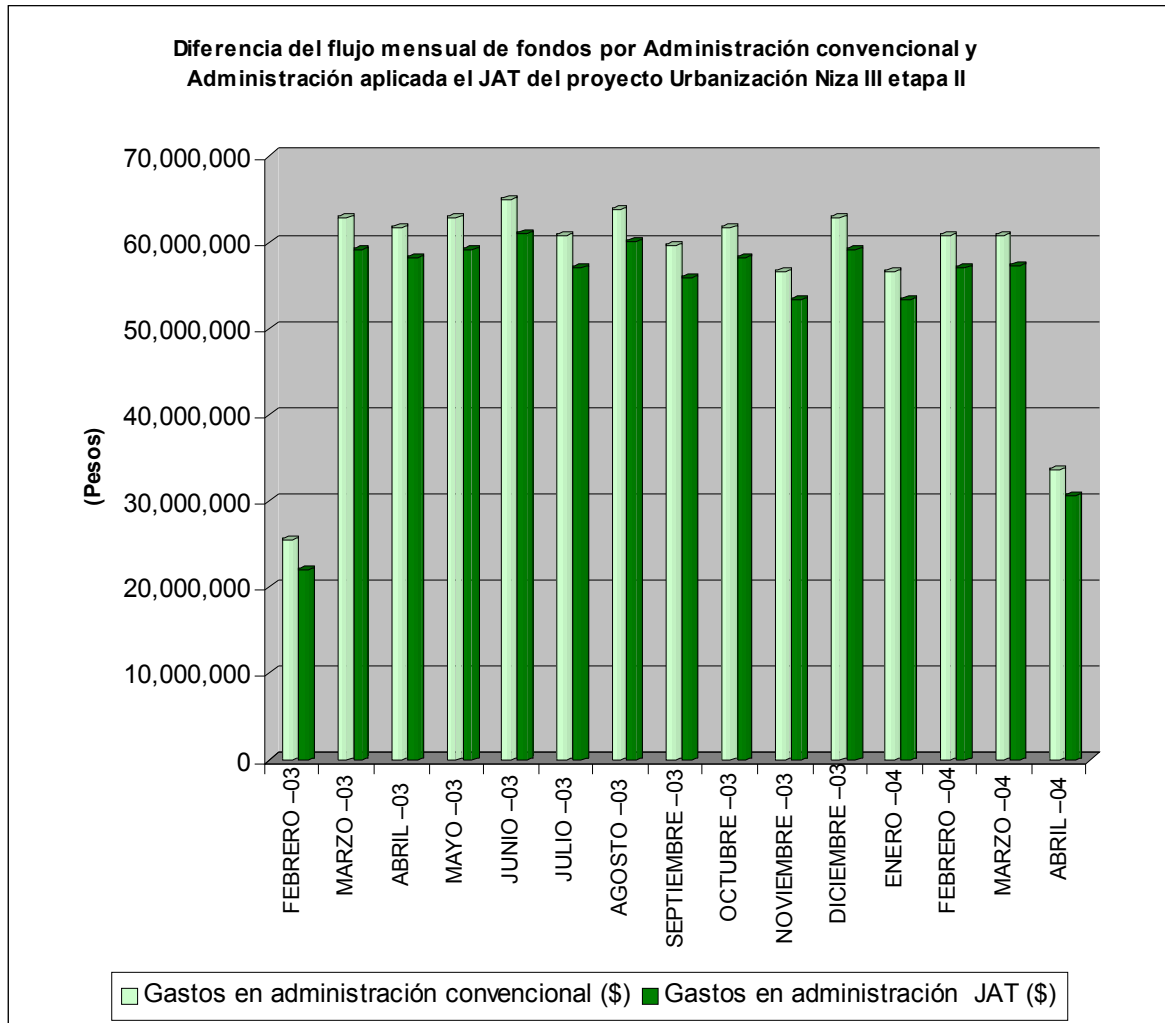
Con base en el análisis de inconvenientes presentados en la construcción de la urbanización Niza III etapa II según bitácora, la colaboración del ingeniero residente, actas de mano de obra y flujo de inversión de obra, se elaboró la tabla No. 15 la cual contiene los costos en administración convencional de las actividades respecto a los meses sin la aplicación de la metodología Justo a Tiempo, también se indican los costos en administración de haber aplicado la metodología Justo a Tiempo.

**Figura 27. Flujo de fondos mensuales del proyecto Urbanización Niza III etapa II sin aplicación del JAT.**



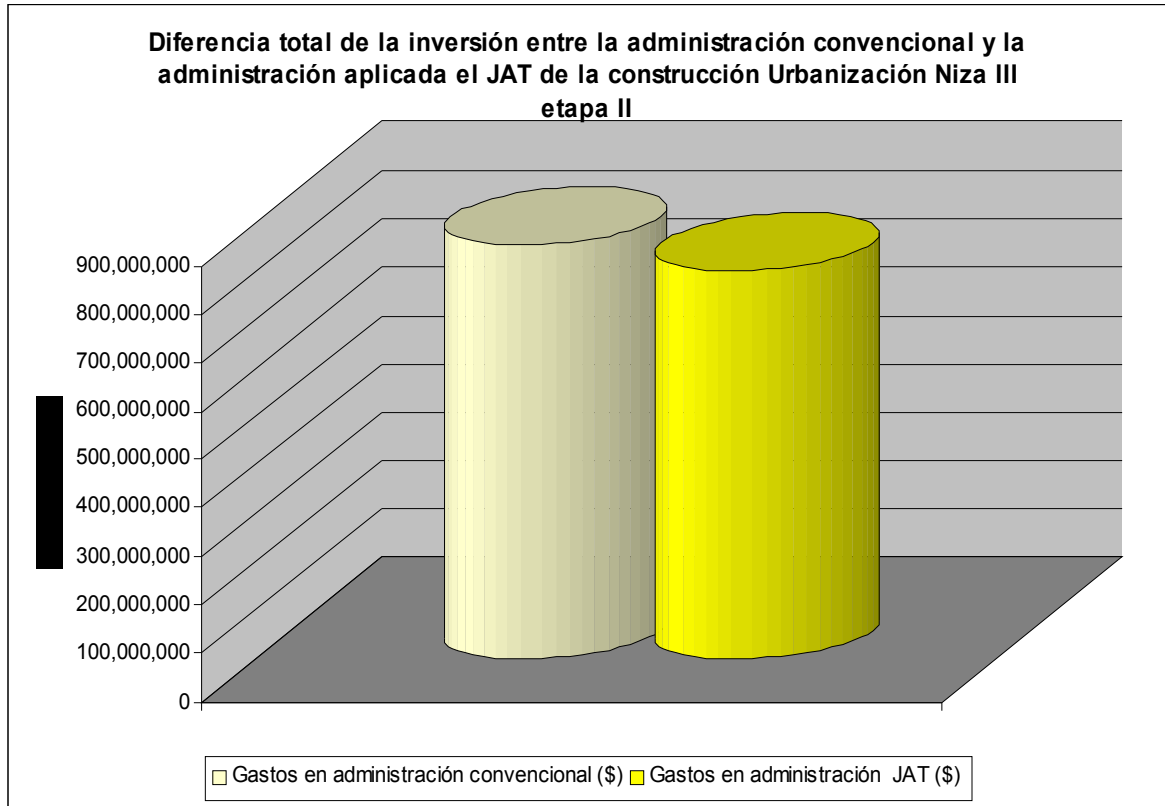
El histograma grafica el flujo de inversión mensual de la construcción de la urbanización Niza III etapa II sin la aplicación del JAT. Cada cilindro equivale a la inversión de las actividades programadas en determinado mes. Teniendo en cuenta que los días laborales en un mes son 26, según tabla No. 15, graficando los datos de las columnas: mes contra costos en administración convencional.

**Figura 28. Diferencia del flujo mensual de fondos por administración convencional y administración aplicando el JAT en Niza III etapa II.**

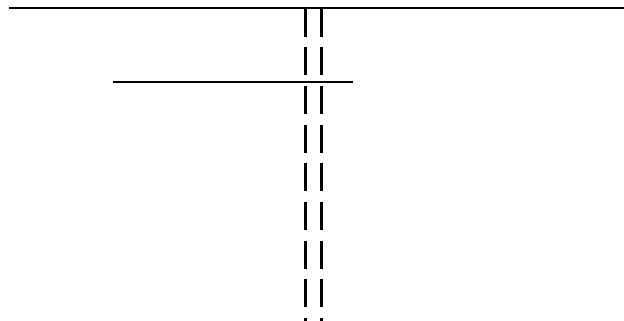


Con este histograma se busca representar gráficamente la diferencia en costos de la administración convencional y la administración JAT. La inversión de acuerdo a la administración convencional se encuentra diferenciada por el color verde claro y la inversión de haber aplicado la metodología JAT a la administración de la construcción de la urbanización Niza III etapa II se encuentra esquematizada por el verde oscuro, se grafica según datos de la tabla No. 15.

**Figura 29. Diferencia total en costos entre la administración convencional y la administración aplicando JAT en Niza III Etapa II.**



Con la representación gráfica de este histograma se pretende demostrar la diferencia total que corresponde a la inversión de la administración convencional y la inversión de la administración resultante de haber aplicado la metodología JAT a la construcción de la urbanización Niza III etapa II. La inversión total de la administración convencional se ve indicado con el color amarillo claro y la inversión total resultado de haber aplicado la metodología Justo a Tiempo está con el color amarillo oscuro, para graficar se utilizaron los datos de la tabla No. 15, al sumar los valores de las columnas costos en administración convencional y costos en administración JAT o (lo que es igual) los programados en el cronograma de la obra y flujo de fondos del proyecto.



## 8. IMPACTO FINANCIERO DE APLICAR LA TÉCNICA JAT A LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA URBANA

Para ver el verdadero impacto que tiene la aplicación de la Técnica JAT en los dos proyectos estudiados, se debe distinguir las diferencias en dinero con respecto a los análisis realizados según los valores de los **presupuestos iniciales de obra**, con los análisis realizados según los valores de **la obra construida**. Para ello se han realizado las siguientes tablas.

**Tabla 19. Diferencia entre el valor del presupuesto inicial y la aplicación de la técnica JAT en los proyectos en estudio**

Obra	Valor según el presupuesto (\$)	Diferencia con la aplicación del JAT (\$)	Diferencia en %
Niza III Etapa II	815.300.000	41.055.339	5.04
Cond. Santiago	2.056.625.310	54.804.830,05	2.66

Fuente: Datos de la constructora y de los análisis realizados (ver capítulo anterior)

Las diferencias en este caso radican como se describió en el capítulo anterior a cuatro factores principales como son costos financieros (costos de oportunidad), costos administrativos en obra y costos de mano de obra y materiales.

Ahora, veamos las diferencias con respecto al valor de la obra ejecutada

**Tabla 20. Diferencia entre el valor de la obra ejecutada y la aplicación de la técnica JAT en los proyectos en estudio**

Obra	Valor según obra realizada (\$)	Diferencia con la aplicación del JAT (\$)	Diferencia en %
Niza III Etapa II	854.193.486	53.376.960	6.25
Cond. Santiago	2.113.432.310	65.778.904	3.11

Fuente: Datos de la constructora y de los análisis realizados (ver capítulo anterior)

Aquí las diferencias se producen debido también a costos financieros (costos de oportunidad), costos administrativos en obra y costos de mano de obra y materiales, además de posibles cantidades de obra adicionales y actividades no previstas que surgen cuando la obra se está ejecutando. Las dos últimas mencionadas pueden ser fruto de una mala presupuestación del ingeniero debido entre otras cosas a la falta de experiencia.

Adicionalmente, hay un aspecto muy importante que se debe analizar aquí y que es muy difícil de controlar. El factor tiempo. El tiempo a pesar de los pronósticos que se puedan dar aun no se puede manejar y es algo que por lo general siempre influye en el costo final del producto de la construcción. Su impacto es muy fuerte sobre todo en épocas de invierno.

## 8.1 PUNTO DE EQUILIBRIO

Los siguientes cálculos se van a realizar con **las diferencias encontradas** en los costos de construcción de las obras ejecutadas y no a lo presupuestado inicialmente con respecto a dichas construcciones, ya que son en realidad los que más nos interesan, y los más representativos.

Se va a tomar como porcentajes para **los costos variables** los correspondientes a los porcentajes de **los costos directos** de construcción (mirar tablas números 7 y 8) como son los materiales, la mano de obra y el pequeño porcentaje destinado a los imprevistos, ya estos varían en proporción a la cantidad de viviendas construidas para cada obra en estudio.

**Los costos fijos** los cuales se refieren a honorarios, impuestos y derechos como los que se ocasionan en los estudios preliminares, los compromisos de orden tributario, pólizas, derechos de instalación de los servicios públicos etc. se van a tomar de igual manera (mirar tablas números 7 y 8), como los porcentajes de **los costos indirectos de las obras**, ya que siguen siendo casi los mismos independiente de la cantidad de obra ejecutada.

Estas distribuciones de los porcentajes no tiene el grado de exactitud deseado, y aunque son una buena aproximación, si se quisiera tener un margen de error menor, la única alternativa, habría sido haber estado en la construcción de las obras analizadas, y tras un seguimiento constante y detallado ir distribuyendo los costos a medida que se causaban según su tipo, cosa que no era posible para el autor, debido a su desempeño otra actividad.

En las siguientes tablas se muestran las distribuciones de las diferencias encontradas al aplicar JAT, en costos variables y fijos para cada obra según lo mencionado.

**Tabla 21. Calculo del valor de la disminución en los costos variables con la aplicación del JAT en los proyectos en estudio**

<b>Obra</b>	<b>Diferencia en costos con JAT</b>	<b>% de costos variables</b>	<b>Valor de la disminución \$</b>
Niza III Etapa II	53.376.960	54.76	39.952.655
Cond. Santiago	65.778.904	74.85	36.020.528

**Tabla 22. Calculo del valor de la disminución en los costos fijos con la aplicación del JAT en los proyectos en estudio**

<b>Obra</b>	<b>Diferencia en costos con JAT</b>	<b>% de costos fijos</b>	<b>Valor de la disminución \$</b>
Niza III Etapa II	53.376.960	45.24	13.424.305
Cond. Santiago	65.778.904	25.15	29.758.376

Como se puede observar los porcentajes no son uniformes o más o menos parecidos para los diferentes costos en las dos obras. Lo anterior se debe a que si los costos totales aumentan en gran medida es mas por el incremento en los costos variables (ya que se compran más materiales, se utiliza más mano de obra etc.) mientras que los costos fijos tienden a permanecer iguales o su incremento es insignificante (ya que las pólizas, los impuestos, etc. pueden llegar a tener valores máximos independientes de los valores de las obras construidas).

Utilidad. La utilidad es exclusividad de cada constructor, la cual se calcula casi siempre como un porcentaje de los costos directos. Sin embargo, la estimación debe mantenerse, bajo el razonamiento de los analistas financieros, según la situación del sector, los precios de la competencia, estado financiero de la empresa, etc.

Para poder realizar la grafica de punto de equilibrio es necesario quitar la utilidad de los costos para ver las diferencias en los resultados del ejercicio

Ahora, para poder realizar el análisis financiero con la relación costo – volumen – utilidad vamos a calcular la distribución de los costos de la obra ejecutada con los porcentajes estimados inicialmente y restando la utilidad deseada



**Tabla No 23. Distribución de los costos de la obra Niza III Etapa II ejecutada**

Costos de la obra ejecutada (\$)	854.193.486
Utilidad esperada (20%)	170.838.697
Costos de la obra ejecutada sin utilidad	683.354.789
Costos variables (54.76%)	374.205.083
Costos fijos (45.24%)	309.149.706

**Tabla No 24. Distribución de los costos de la obra Condominio Santiago ejecutada**

Costos de la obra ejecutada ( \$)	2.113.432.310
Utilidad esperada (20%)	422.686.462
Costos de la obra ejecutada sin utilidad	1.690.745.848
Costos variables (74.85 % )	1.265.523.267
Costos fijos (25.15%)	425.222.581

Ecuaciones de las rectas de los costos totales. La recta de los costos esta compuesta por dos partes: un componente de fijo mas un componente variable. Matemáticamente se puede representar de la siguiente manera

$$Y = a + bx$$

a = representa el componente fijo

bx = representa el componente variable, que depende de la cantidad de producción "x"

8.1.1 Análisis financiero de la Obra Niza III Etapa II. Según la relación de los costos establecida anteriormente la recta que representa los costos totales de la obra construida, en el proyecto Niza III Etapa II se halla de la siguiente manera:

Numero de apartamentos construidos: 40 (dato de la constructora)

Costo variable unitario = Costos directos / Número de apartamentos

Costos variable unitario = 374.205.083 / 40 = 9.355.127

Costos fijos = costos indirectos

Costos fijos = 309.149.706

Por lo tanto el **la recta que representa los costos de Niza III Etapa II con la aplicación del JAT es:**

$$Y_{1N} = 309.149.706 + 9.355.127 X$$

La recta que representa los ingresos operacionales se calcula de la siguiente forma:

El total de ingresos se espera sea de \$ 854.193.486, por lo tanto el ingreso por vivienda sería:

$$854.193.486 / 40 = 21.354.837$$

Luego la recta de los ingresos es:

$$I_N = 21.354.837 X$$

- Disminución en los costos fijos

Veamos ahora que sucede si restamos el valor de la diferencia encontrada en los costos fijos con la aplicación de JAT a la recta original de los costos

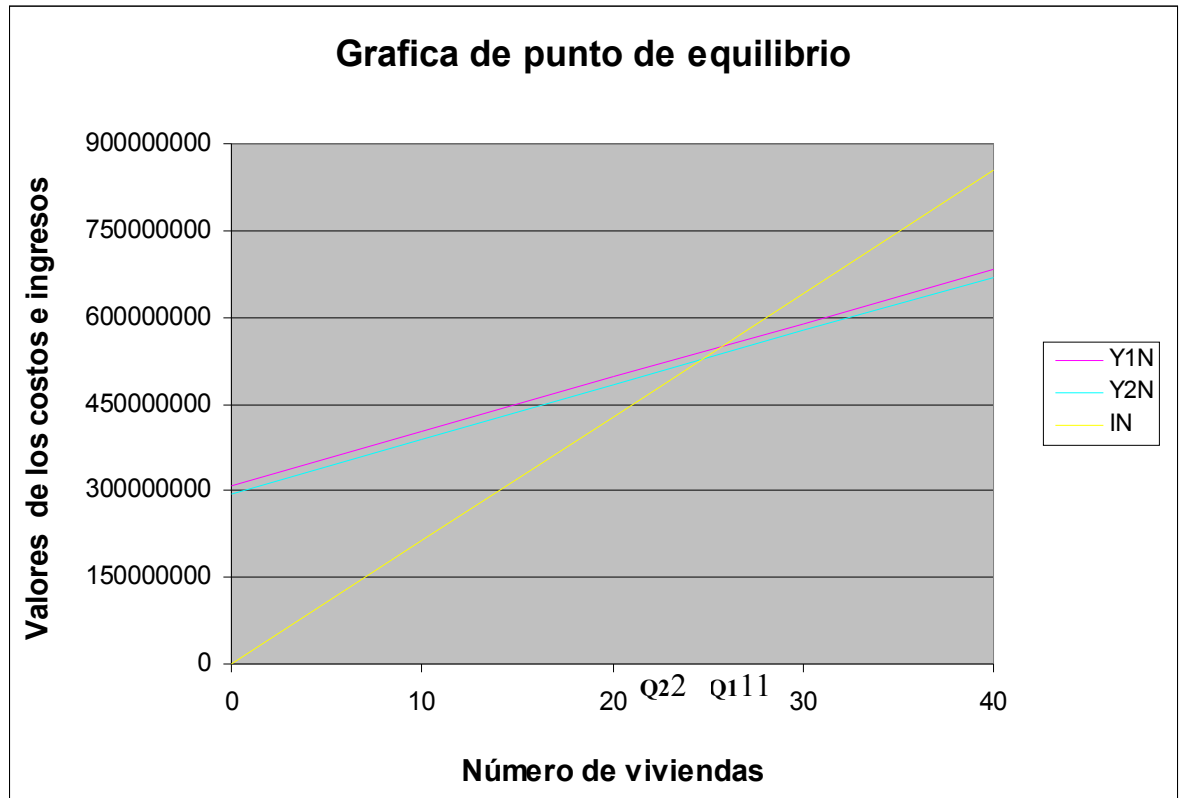
$$\text{Nuevos costos fijos} = 309.149.706 - 13.424.305 = 295.725.401$$

Luego la nueva recta que representa los costos es:

$$Y_{2N} = 295.725.401 + 9.355.127 X$$

La grafica es la siguiente

**Figura 30. Grafica de punto de equilibrio**



La formula para calcular el número de viviendas que se deben vender para conseguir el punto de equilibrio es:

$$Q = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Margen de contribución unitario}}$$

Margen de contribución unitario. El margen de contribución unitario es útil para analizar el potencial de rentabilidad de proyectos. Es la resta del precio de venta menos el costo variable por unidad.

$$MCu = P - Cvu$$

En donde

P = Precio de venta unitario

Cvu = Costo variable unitario

Por lo tanto

$$Q1 = \frac{309.149.706}{21.354.837 - 9.355.127}$$
$$Q1 = 25.76 \approx 26$$

$$Q2 = \frac{295.725.401}{21.354.837 - 9.355.127}$$
$$Q2 = 24.64 \approx 25$$

Como se puede observar la variación estaría en la venta de una vivienda a la hora de alcanzar el punto de equilibrio, que en dinero sería \$ 21.354.837

Para calcular el punto de equilibrio en pesos se utiliza la siguiente fórmula

$$Q_e = \frac{CF}{RMC}$$

En donde

CF = Costos fijos

RMC = razón de margen de contribución

y

$$RMC = \frac{MC_u}{P}$$

Entonces para el estado inicial tenemos

$$RMC_1 = \frac{11.999.710}{21.354.837}$$
$$RMC_1 = 56\%$$

Luego

$$309.149.706$$

$$Q1 = 56\%$$

$$Q1 = 552.053.046$$

De la misma forma se calcula

$$Q2 = 528.081.073$$

Impacto en el estado de resultados. El efecto que causa la disminución en los costos fijos por la aplicación del JAT y que se refleja en el estado de resultados de La Constructora Nuevo Horizonte Ltda. Se analiza en la siguiente tabla

**Tabla No 25. Análisis de cambios en el estado de resultados en Niza III Etapa II por disminución en los costos fijos**

Ítem	Situación inicial	Situación final
Ventas	854.193.486	854.193.486
Costos variables	374.205.083	374.205.083
Margen de contribución	479.988.403	479.988.403
Costos fijos	309.149.706	295.725.401
Utilidad operacional	170.838.697	184.263.002
% de utilidad neta/ Ventas	20%	21.5%
% MC / Ventas	56.2%	56.2%
Pto de equilibrio en unid	26	25
Pto de equilibrio en pesos	552.053.046	528.081.073

Se aprecia como en realidad no es muy representativa la disminución realizada sobre los costos fijos, en el momento de comprar los puntos fijos de las dos situaciones.

- Disminución en los costos variables

Ahora se analiza la influencia en con el cambio en los costos variables

Costos variables situación inicial = 374.205.083

Costos variables situación final = 374.205.083 - 39.952.655 = 334.252.428

El impacto en el estado de resultados

**Tabla 26. Análisis de cambios en el estado de resultados en Niza III Etapa II por disminución en los costos variables**

Ítem	Situación inicial	Situación final
Ventas	854.193.486	854.193.486
Costos variables	374.205.083	334.425.428
Margen de contribución	479.988.403	519.768.058
Costos fijos	309.149.706	309.149.706
Utilidad operacional	170.838.697	210.618.352
% de utilidad neta/ Ventas	20%	24.6%
% MC / Ventas	56.2%	60.84%
Pto de equilibrio en unid	26	24
Pto de equilibrio en pesos	552.053.046	506.802.797

Se mira como el cambio la disminución del 10.6% en los costos variables produce un incremento en las utilidades del 23.4% aunque el volumen para lograr el punto de equilibrio no se altera mucho, ya que se pasa de 26 a 24 viviendas.

- Disminución en la totalidad de los costos

Esta vez se analiza el impacto en la disminución de ambos costos

**Tabla 27. Análisis de cambios en el estado de resultados en Niza III Etapa II por disminución en los costos totales**

Ítem	Situación inicial	Situación final
Ventas	854.193.486	854.193.486
Costos variables	374.205.083	334.425.428
Margen de contribución	479.988.403	519.768.058
Costos fijos	309.149.706	295.725.401
Utilidad operacional	170.838.697	224.042.657
% de utilidad neta/ Ventas	20%	26.2%
% MC / Ventas	56.2%	60.8%
Pto de equilibrio en unid	26	23
Pto de equilibrio en pesos	552.053.046	484.795.739

Cuando se tienen en cuenta la disminución tanto en los costos fijos como en los variables se presenta un incremento en las utilidades del 31% y alcanzamos el punto de equilibrio con tres viviendas menos al pasar de 26 a 23.

8.1.2 Análisis financiero de la obra Condominio Santiago. De la misma forma como se hizo para Niza III Etapa II, se va a ver las ventajas de que la disminución de los costos trae para la empresa.

- Disminución en los costos fijos

Con los siguientes datos

Nuevos costos fijos = 425.222.581 - 29.758.376 = 395.464.205

Precio de venta = 48.032.553

CVu = 28.761.892

Analizamos la siguiente tabla

**Tabla 28. Análisis de cambios en el estado de resultados en el Condominio Santiago por disminución en los costos fijos**

Ítem	Situación inicial	Situación final
Ventas	2.113.432.310	2.113.432.310
Costos variables	1.265.523.267	1.265.523.267
Margen de contribución	847.909.043	847.909.043
Costos fijos	425.222.581	395.464.205
Utilidad operacional	422.686.462	452.444.838
% de utilidad neta/ Ventas	20%	21.4%
% MC / Ventas	40.1%	40.1%
Pto de equilibrio en unid	22	21
Pto de equilibrio en pesos	1.063.056.453	988.660.513

En esta se puede observar muy pocas variaciones. Es decir que la variación no implica mayores esfuerzos administrativos para alcanzar el punto de equilibrio.

- Disminución en los costos variables

Nuevos costos variables = 1.265.523.267 - 36.020.528 = 1.229.502.739

**Tabla 29. Análisis de cambios en el estado de resultados en el Condominio Santiago por disminución en los costos variables**

Ítem	Situación inicial	Situación final
Ventas	2.113.432.310	2.113.432.310
Costos variables	1.265.523.267	1.229.502.739
Margen de contribución	847.909.043	883.929.571
Costos fijos	425.222.581	425.222.581
Utilidad operacional	422.686.462	458.706.990
% de utilidad neta/ Ventas	20%	21.7%
% MC / Ventas	40.1%	41.8%
Pto de equilibrio en unid	22	21
Pto de equilibrio en pesos	1.063.056.453	1.012.434.717

Aquí debido a que la diferencia es muy pequeña en comparación con los costos variables en general su impacto de la misma manera es bajo, de hay que se conservan casi todos los valores iniciales.

- Disminución en la totalidad de los costos

El análisis es el siguiente:

En este caso la disminución de los costos produce un incremento del 15.6 % en las utilidades que ya es un porcentaje importante. Aunque el punto de equilibrio se reduce en solo dos viviendas esta cifra equivale al 10% de las unidades.

**Tabla 30. Análisis de cambios en el estado de resultados en el Condominio Santiago por disminución en los costos totales**

Ítem	Situación inicial	Situación final
Ventas	2.113.432.310	2.113.432.310
Costos variables	1.265.523.267	1.229.502.739
Margen de contribución	847.909.043	883.929.571
Costos fijos	425.222.581	395.464.205
Utilidad operacional	422.686.462	488.465.366
% de utilidad neta/ Ventas	20%	23.1%
% MC / Ventas	40.1%	41.8%
Pto de equilibrio en unid	22	20
Pto de equilibrio en pesos	1.063.056.453	941.581.441

## 8.2 APALANCAMIENTO OPERATIVO

El apalancamiento operativo se da cómo la siguiente relación:

$$\text{Apalancamiento Operativo} = \frac{\text{Margen de contribución}}{\text{Utilidad operación}}$$

El valor del apalancamiento operativo indica el valor porcentual que crecerán las utilidades por cada unidad porcentual que se incrementen las ventas.

Es decir, una empresa que basa su operación en sus costos fijos tendrá un apalancamiento más alto que una que no lo hace y por ello cualquier aumento porcentual en sus ventas tendrá un mayor impacto porcentual en sus utilidades.

Por ejemplo, si para Niza III Etapa II, las ventas aumentaran en un 10% es decir se pasara de 854.193.486 a 939.612.835, y suponiendo que el apalancamiento



operativo fuera de 5, entonces la utilidad operativa aumentaría en 50% (10% x 5) y se pasaría de tener una utilidad de 170.838.697 a 256.258046

### 8.2.1 Sensibilidad del GAO

- Cambios por disminución en los costos fijos

**Tabla 31. Análisis de cambios en el apalancamiento operativo de ambas obras por disminución en los costos fijos**

Obra	GAO antes del JAT	GAO después del JAT
Niza III Etapa II	2.8	2.6
Condominio Santiago	2.0	1.9

- Cambios por la disminución en los costos variables

**Tabla 32. Análisis de cambios en el apalancamiento operativo de ambas obras por disminución en los costos variables**

Obra	GAO antes del JAT	GAO después del JAT
Niza III Etapa II	2.8	2.4
Condominio Santiago	2.0	1.9

- Cambios por la disminución en los costos totales

**Tabla 33. Análisis de cambios en el apalancamiento operativo de ambas obras por disminución en los costos totales**

Obra	GAO antes del JAT	GAO después del JAT
Niza III Etapa II	2.8	2.3
Condominio Santiago	2.0	1.8

De las tablas anteriores se puede destacar lo siguiente:

En las condiciones iniciales y como era de esperarse la obra Niza III Etapa II tiene un apalancamiento operativo más alto debido al porcentaje que representan los costos fijos de los costos totales ( 45.24% para Niza y 25.15% para el Condominio Santiago)

Aunque para ambas obras los apalancamientos operativos son pequeños, se nota una pequeña mayor influencia en la obra Niza III Etapa II al momento de disminuir los costos sobre las condiciones originales, esto también a que el porcentaje de costos fijos para esta obra es casi la mitad de los costos totales (45.24%).

Además, es de anotar que la mayor disminución se obtiene cuando se afectan la totalidad de los costos (costos fijos y costos variables).

Con lo anterior se afirma que las obras de ingeniería civil son proyectos con bajo apalancamiento operativo ya que los costos de construcción se apoyan principalmente en la mano de obra y los materiales.

### 8. 3 MARGEN DE SEGURIDAD

El margen de seguridad se define como

$$\text{Margen de seguridad} = \frac{\text{Ventas} - \text{Ventas en el punto de equilibrio}}{\text{Ventas}}$$

Si se analiza el impacto que tiene la disminución de los diferentes costos en el margen de seguridad se tiene

- Cambios por disminución en los costos fijos

**Tabla 34. Análisis de cambios en el margen de seguridad de ambas obras por disminución en los costos fijos**

<b>Obra</b>	<b>M.S. antes del JAT</b>	<b>M.S. después del JAT</b>
Niza III Etapa II	35%	38%
Condominio Santiago	49%	53%

- Cambios por la disminución en los costos variables

**Tabla 35. Análisis de cambios en el margen de seguridad de ambas obras por disminución en los costos variables**

<b>Obra</b>	<b>M.S. antes del JAT</b>	<b>M.S. después del JAT</b>
Niza III Etapa II	35%	40%
Condominio Santiago	49%	52%

- Cambios por la disminución en los costos totales

**Tabla 36. Análisis de cambios en el margen de seguridad de ambas obras por disminución en los costos totales**

<b>Obra</b>	<b>M.S. antes del JAT</b>	<b>M.S. después del JAT</b>
Niza III Etapa II	35%	43%
Condominio Santiago	49%	55%

Los márgenes de seguridad que se muestran, permiten ver que el mayor de ellos se presenta en Condominio Santiago, esto se debe a que los costos fijos tiene una proporción mucho menor con respecto a los costos totales, los cuales pueden ser cubiertos con menores unidades vendidas.

Además, cuanto se disminuyen los costos en general es cuando se obtiene un mayor margen de seguridad. Los valores demuestran que para llegar al punto de equilibrio no se deben hacer mayores esfuerzos administrativos (márgenes de seguridad de 39% y 45% son altos).

Si los proyectos han sido financiados con recursos propios las ventas pueden tener un margen de tiempo sin que afecten en forma brusca el aspecto financiero de cada obra. Pero, si existe financiación externa y la cantidad financiada es alta los intereses pueden a pesar de los márgenes de seguridad altos llevar al traste las metas.

#### 8.4 APALANCAMIENTO FINANCIERO

El apalancamiento operativo no tiene en cuenta los costos financieros, es decir, lo que cuesta la deuda a través de los intereses, cuando la empresa hace uso de estos para desarrollar su objeto social.

Por el contrario, el apalancamiento financiero si lo hace, es decir tiene en cuenta el costo de financiamiento y de que manera afecta las utilidades finales a través del aumento en las utilidades operativas, ya que los intereses se convierten en costos fijos, que no dependen del nivel de producción.

El grado de apalancamiento financiero se define como la siguiente relación

$$GAF = \frac{UAI}{UAI - \text{Intereses}}$$

En donde

UAI = Utilidad antes de impuestos e intereses

8.4.1 Sensibilidad del GAF. Para observar el impacto que podría tener la variación de costos a través del GAF para incrementar las utilidades de la Empresa Nuevo Horizonte, vamos a tomar un escenario posible actual pero que no es real

Supongamos que para la construcción del Condominio Santiago la empresa opta por acceder a un préstamo de \$ 425.222.581 que son sus costos fijos, para pagar sus gastos administrativos, impuestos y derechos para acceder a los servicios públicos, contraída con un banco a una tasa del 18% anual, entonces:

$$\text{Intereses} = 18 \% \times \$ 425.222.581 = \$ 76.504.065$$

Y además

- Valor del proyecto = \$ 2.113. 432.310
- Número de viviendas = 44
- Valor por vivienda = \$48.032.553
- CVu = 28.761.892

Tenemos la siguiente tabla que muestra la UAll vs. cantidades de unidades vendidas

**Tabla 37. UAll para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos iniciales en el Condominio Santiago**

<b>Cantidad</b>	<b>Ventas</b>	<b>Costos variables</b>	<b>Costos fijos</b>	<b>UAll</b>
10	480.325.530	287.618.920	425.222.581	-232.515.971
20	960.651.060	575.237.840	425.222.581	-39.809.361
30	144.097.6590	862.856.760	425.222.581	152.897.249
40	1.921.302.120	1.150.475.680	425.222.581	345.603.859
44	2.113.432.332	1.265.523.248	425.222.581	422.686.503

Si calculamos los GAF para estas UAll con una tasa de impuesto del 38% y bajo las condiciones mencionadas tenemos

**Tabla 38. GAF para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos iniciales en el Condominio Santiago**

<b>Cantidad</b>	<b>UAI</b>	<b>Intereses</b>	<b>UAI</b>	<b>Impuestos</b>	<b>Utilidad Neta</b>	<b>GAF</b>
10	-23.251.5971	76.504.065	-309.020.036	0	-309.020.036	0.75
20	-39.809.361	76.504.065	-116.313.426	0	-116.313.426	0.34
30	152.897.249	76.504.065	76.393.184	29.029.410	47.363.774	2.00
40	345.603.859	76.504.065	269.099.794	102.257.922	166.841.872	1.28
44	422.686.503	76.504.065	346.182.438	131.549.326	214.633.112	1.22

Ahora miremos que sucede cuando los costos disminuyen. Los nuevos costos son:

Costos fijos = \$ 395.464.205

Costos variables unitarios = \$1.229.502.739 / 44 = \$ 27.943.244

Por lo tanto las nuevas UAI son

**Tabla 39. UAI para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos disminuidos en el Condominio Santiago**

<b>Cantidad</b>	<b>Ventas</b>	<b>Costos variables</b>	<b>Costos fijos</b>	<b>UAI</b>
10	480.325.530	279.432.440	395.464.205	-194.571.115
20	960.651.060	558.864.880	395.464.205	6.321.975
30	1.440.976.590	838.297.320	395.464.205	207.215.065
40	1.921.302.120	1.117.729.760	395.464.205	408.108.155
44	2.113.432.332	1.229.502.736	395.464.205	488.465.391

Y los nuevos GAF se presentan a continuación con los nuevos intereses

Nuevos intereses = 18% x 395.464.205 = \$ 71.183.557

**Tabla 40. GAF para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos disminuidos en el Condominio Santiago**

<b>Cantidad</b>	<b>UAII</b>	<b>Intereses</b>	<b>UAI</b>	<b>Impuestos</b>	<b>Utilidad Neta</b>	<b>GAF</b>
10	-19.4571.115	71.183.557	-265.754.672	0	-265.754.672	0.73
20	6.321.975	71.183.557	-64.861.582	0	-64861582	-0.10
30	207.215.065	71.183.557	136.031.508	51.691.973	84.339.535	1.52
40	408.108.155	71.183.557	336.924.598	128.031.347	208.893.251	1.21
44	488.465.391	71.183.557	417.281.834	158.567.097	258.714.737	1.17

Si la empresa pudiera incrementar sus utilidades UAII en un 10%, con la venta de las 44 viviendas, y se realizará un análisis de el incremento con los costos iniciales y con los costos disminuidos, se presentaría los siguientes incrementos en las utilidades netas

**Tabla 41. Diferencias en las utilidades netas por apalancamiento financiero con los diferentes costos en el Condominio Santiago**

<b>UAII</b>	<b>UAII + 10%UAII</b>	<b>UN</b>	<b>Incremento en UN</b>
422.686.503	464.955.153	214.633.112	240.818.352
488.465.391	537.311.930	258.714.737	288.984.361
<b>Diferencia</b>			<b>48.166.009</b>

Esto indica que fuera de la disminución de los costos la empresa obtendría un apalancamiento de \$ 48.166.009, por lo cual se el aumento de utilidades globales para la empresa por aplicar el método JAT sería:

Utilidad = disminución de costos + apalancamiento financiero

$$\text{Utilidad} = 65.778.904 + 48.166.009 = 113.944.913$$

Ahora se analiza el caso de Niza III etapa II de la misma manera

Las UAI y las UN que se generan con los costos iniciales se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 42. UAI para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos iniciales en Niza III Etapa II**

Cantidad	Ventas	Costos variables	Costos fijos	UAI
10	213.548.372	93.351.271	309.149.706	-188.952.605
20	427.096.743	186.702.542	309.149.706	-68.755.505
30	640.645.115	280.053.812	309.149.706	51.441.596
40	854.193.486	373.405.083	309.149.706	171.638.697

**Tabla 43. GAF para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos iniciales en Niza III Etapa II**

Cantidad	UAI	Intereses	UAI	Impuestos	Utilidad Neta	GAF
10	-188.952.605	55.646.947	-244.599.552	0	-244.599.552	0.8
20	-68.755.505	55.646.947	-124.402.452	0	-124.402.452	0.6
30	51.441.596	55.646.947	-4.205.351	-1.598.033	-2.607.318	-12.2
40	171.638.697	55.646.947	115.991.750	44.076.865	71.914.885	1.5

Y las UAI y las UN después de la disminución de costos son

**Tabla 44. UAI para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos disminuidos en Niza III Etapa II**

<b>Cantidad</b>	<b>Ventas</b>	<b>Costos variables</b>	<b>Costos fijos</b>	<b>UAI</b>
10	213.548.372	83.606.357	295.725.401	-165.783.387
20	427.096.743	167.212.714	295.725.401	-35.841.372
30	640.645.115	250.819.071	295.725.401	94.100.643
40	854.193.486	334.425.428	295.725.401	224.042.657

**Tabla 45. GAF para diferentes cantidades de viviendas vendidas con los costos disminuidos en Niza III Etapa II**

<b>Cantidad</b>	<b>UAI</b>	<b>Intereses</b>	<b>UAI</b>	<b>Impuestos</b>	<b>Utilidad Neta</b>	<b>GAF</b>
10	-165.783.387	53.230.572	-219.013.959	0	-219.013.959	0,76
20	-35.841.372	53.230.572	-89.071.944	0	-89.071.944	0,40
30	94.100.643	53.230.572	40.870.070	15.530.627	25.339.444	2,30
40	224.042.657	53.230.572	170.812.085	64.908.592	105.903.493	1,31

Al realizar un análisis de las diferencias encontradas en el apalancamiento financiero con los costos iniciales y los costos disminuidos y el efecto que estos producen en el aumento de las utilidades netas se observa:



**Tabla 46. Diferencias de incrementos en las utilidades netas por apalancamiento financiero con los diferentes costos en Niza III Etapa II**

<b>UAI</b>	<b>UAI + 10%</b>	<b>UN</b>	<b>Incremento en UN</b>
171.638.697	188.802.566	71.914.885	82.702.118
224.042.657	246.446.923	105.903.493	119.776.850
Diferencia			37.074.732

Lo que demuestra que si se apalanca financieramente la empresa, disminuyendo los costos con la técnica JAT, las utilidades se incrementarían en \$ 37.074.732, y las utilidades globales serían:

$$\text{Utilidad} = \text{disminución de costos} + \text{apalancamiento financiero}$$

$$\text{Utilidad} = 53.376.960 + 37.074.732 = \$ 90.451.692$$

## 8.5 APALANCAMIENTO TOTAL O COMBINADO

Es el producto del grado de apalancamiento operativo por el grado de apalancamiento financiero

$$\text{GAT} = \text{GAO} \times \text{GAF}$$

El apalancamiento total muestra el efecto global que causan el GAO y el GAF en las utilidades netas por cada unidad porcentual que se incrementen los ingresos

8.5.1 Sensibilidad del GAT. Para el proyecto Condominio Santiago los GAT para los costos iniciales y los costos disminuidos serán:

**Tabla 47. GAT para los costos iniciales y los costos disminuidos para el Condominio Santiago**

<b>COSTOS</b>	<b>GAO</b>	<b>GAF</b>	<b>GAT</b>
Costos iniciales	2.0	1.22	2.44
Costos disminuidos	1.8	1.17	2.11

Y el efecto con un incremento del 10% sobre las ventas en ambos casos serán:

**Tabla 48. Incremento en las utilidades netas por apalancamiento total en el Condominio Santiago**

<b>Costos</b>	<b>Ventas</b>	<b>Ventas + 10%</b>	<b>UN</b>	<b>GAT</b>	<b>Incremento en UN</b>
Costos iniciales	2.113.432332	2.324.775.565	214.633.112	2.44	262.710.929
Costos disminuidos	2.113.432.332	2.324.775.565	258.714.737	2.11	313.303.547
Diferencia					50.592.617

Por lo tanto, se puede deducir que el impacto no es tan alto cuando se apalanca la empresa con el GAT, que como cuando se apalanca por separado con el GAO y con el GAF

En seguida, se analiza el efecto en el Niza III Etapa II, de la misma forma que el proyecto anterior

**Tabla 49. GAT para los costos iniciales y los costos disminuidos para Niza III Etapa II**

<b>Costos</b>	<b>GAO</b>	<b>GAF</b>	<b>GAT</b>
Costos iniciales	2.8	1.5	4.20
Costos disminuidos	2.3	1.31	3.01

**Tabla 50. Incremento en las utilidades netas por apalancamiento total Niza III Etapa II**

<b>Costos</b>	<b>Ventas</b>	<b>Ventas + 10%</b>	<b>UN</b>	<b>GAT</b>	<b>Incremento en UN</b>
Costos iniciales	854.193.486	939.612.835	71.914.885	4.20	102.119.137
Costos disminuidos	854.193.486	939.612.835	105.903.493	3.01	137.780.444
Diferencia					35.661.308

Se observa que también el impacto con el GAT, produce menor impacto que los otros dos grados de apalancamiento por separado, aunque los GAT son más altos debido a que los porcentajes de la distribución no son tan diferentes.

## 9. CONCLUSIONES

Las conclusiones generales de aplicar el JAT a la obras de construcción de vivienda Niza III Etapa II y Condominio Santiago son las siguientes:

- Para la aplicación de la técnica JAT en el sector de la construcción se requiere un seguimiento muy detallado del manejo general de la obra, para poder distribuir los costos en costos variables y costos fijos, para el control de los materiales, para el manejo del inventario, para el manejo del equipo, etc. El principal inconveniente que se presenta en este aspecto es que cada obra de construcción por muy similar que parezca no será la misma. Esto es una desventaja enorme con respecto a las tradicionales empresas de manufacturas donde los procesos son iguales para cada tipo de producto.
- La disminución de los costos y por ende un mejor manejo financiero en la construcción de vivienda depende de cada una de las personas involucrada en el proceso constructivo y necesita el compromiso de todos. Aquí juega un papel importantísimo la experiencia del personal tanto administrativo como de obra, para sortear los inconvenientes que se puedan presentar (el principal el clima) en algo tan complejo como es la construcción en general de cualquier tipo de obra de infraestructura.
- A diferencia de la producción de cualquier otro artículo, el punto de equilibrio en un proyecto de vivienda tiene como características que se alcanza muy rápido, debido a que sus principales costos son los costos variables y al valor de cada vivienda, pero también es muy sensible, porque el hecho de que se puede pasar de la ganancia a la pérdida con la disminución en la venta de uno o dos productos (viviendas).
- Para apalancar operativamente un proyecto de vivienda y de esta forma elevar las utilidades es necesario hacer un gran esfuerzo en las ventas, para elevar los ingresos, ya sea por mayor valor de las viviendas o por mayor número de viviendas vendidas, ya que es difícil una buena disminución en los costos fijos, los cuales en relación con los costos totales son bajos.

## **10.RECOMENDACIONES**

- La aplicación de la técnica justo a tiempo se debe hacer bajo un seguimiento continuo en todos los procesos de construcción de la vivienda urbana, solo de esta manera se pueden calcular y distribuir los diferentes costos en los que se incurre y observar sus beneficios. Lo mejor por lo tanto será que al igual que un proceso inicial de implantación de ostión de la calidad total, no se le asignen las nuevas actividades que se generen al ingeniero residente de obra, ni al gerente de construcción, ni al director del proyecto, porque los resultados no serán tan confiables como si se destina una persona conocedora del tema al JAT.
- La motivación de las personas y el conocimiento del proceso son tal vez los dos aspectos claves que se debe expandir a todos los niveles de la organización a través del liderazgo, para obtener los resultados esperados.
- Debido a que los costos de la construcción en su mayoría pertenecen a los costos variables, es obligación del departamento de compras lograr los mejores precios para que el apalancamiento de cualquier tipo logre el crecimiento financiero de la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

BERNAL T, Cesar Augusto. Metodología de la investigación para la administración y economía. Bogotá D.C.: Pearson Educación de Colombia, 2000. 278 p.

ECHEVERRI BOTERO, Lina. Participación del Sector Constructor en el comercio exterior colombiano. En: Construyendo. La Revista de La Construcción en Colombia. Bogotá D.C. (Ed. 21.) (junio. 2005); p. 37-39.

HAY, Edward J. Justo a tiempo. Bogotá D.C.: Norma, 1989. 247 p

HERNÁNDEZ, Arnaldo. Manufactura justo a tiempo: un enfoque práctico. México D.F.: Compañía Editorial Continental, 1993. 250 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio tesis y otros trabajos de grado. Bogotá D.C.: INCONTEC, 2005. 126 p

O'NEAL, Charles y BERTRAND, Kate. Marketing justo a tiempo. Bogotá D.C.: Norma, 1993. 331 p.

ORTIZ ANAYA, Héctor. Análisis financiero aplicado. Bogotá D.C.: Universidad Externado de Colombia, 2004. p 496

PEÑA PAZ, José Wilson y BARRERA HERRERA, Gustavo. Aplicación del just in time a la gerencia de obras civiles. San Juan de Pasto, 2005. 146 p. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería

SCHONBERGER, Richard J. Manufactura de categoría mundial. Bogotá D.C.: Norma, 1989. 292 p.

SERPELL B, Alfredo. Administración de operaciones de construcción. México D.F.: Alfaomega, 2002. p 273-284

SILVA ZÁRATE, CAMILO. Estudio sobre el impacto de la edificación de vivienda en Colombia. En: Construyendo. Bogotá D.C. (Ed. 19.) (diciembre.2004); p. 17-20.

TÉLLEZ LUNA, Luna. Finanzas de la construcción. Bogotá D.C.: Bhandar Editores Ltda. 1999. 244 p.

