

**EVALUACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ANTICIPACIÓN DE TIEMPOS PARA
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

**IKER SNEIDER PRADA RANGEL
LEONARDO SARMIENTO PIÑA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD FISICOMECAÑICAS
INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2015**

**EVALUACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ANTICIPACIÓN DE TIEMPOS PARA
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

**IKER SNEIDER PRADA RANGEL
LEONARDO SARMIENTO PIÑA**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**DIRECTOR:
GUILLERMO MEJÍA AGUILAR
INGENIERO CIVIL, PHD.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD FISICOMECAÑICAS
INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2015**

DEDICATORIA

A Dios por iluminarme, acompañarme a lo largo del camino y ayudarme a superar todos los obstáculos y poder ver en este momento parte de sus frutos.

A mis padres y hermana las personas que motivan porque gracias a su esfuerzo y dedicación he logrado este avance para mi vida, además de todo el apoyo que me han brindado siempre ante las dificultades que he tenido y por estar constantemente conmigo.

Finalmente a docente y amigos por hacer de esta experiencia algo tan agradable, personas que me han colaborado y ayudado puesto que hoy veo una parte de mi futuro con gran desarrollo un proyecto de vida plasmado y esto no podría haberlo logrado solo.

IKER SNEIDER PRADA RANGEL

Este ciclo de formación profesional se lo agradezco ante mano a mi Dios por brindarme las capacidades y la sabiduría que fueron fundamentales para alcanzar esta meta por la cual algún día soñé. A mis padres por ser el motor de mi vida y que me ofrecieron su apoyo incondicional durante toda mi formación profesional y como persona. Y todas las personas quienes compartí diferentes etapas académicas y estuvieron para aportar sus conocimientos y dieron así el fruto de este gran éxito.

LEONARDO SARMIENTO PIÑA

AGRADECIMIENTOS

Ante mano, agradecerle a Dios por permitirnos realizar este estudio y brindarnos una fuente de sabiduría durante toda la etapa educativa.

Para nuestra familia quienes nos apoyaron incondicionalmente en la formación profesional y nos han brindado los valores fundamentales para la vida.

Al Doctor Guillermo Mejía Aguilar por la comprensión, tiempo, su experiencia y los conocimientos previos para llevar a cabo la interpretación de los conceptos y resultados investigativos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 MÉTODO VALOR GANADO (SISTEMA DE CONTROL)	17
2.2 PRONÓSTICOS COMO HERRAMIENTA DE CONTROL.....	18
2.3 EVALUACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	19
2.3.1 Índice de Anticipación.	19
3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACION	23
3.1 MUESTRA Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	23
3.2 UNIDAD DE ANALISIS	25
3.2.1 Variables de Estudio	25
3.3 ANALISIS GENERALES.....	26
3.4 ANALISIS DESCRIPTIVOS	26
4. ANALISIS DE RESULTADOS.....	28
4.1 COMPORTAMIENTO DE LOS ÍNDICES DE ANTICIPACIÓN	28
4.1.1 Grupo 03.....	28
4.2 PRUEBAS DE NORMALIDAD	30
4.3 VALORES EXTREMOS.....	32
4.4 CORRELACIONES DE SPEARMAN.....	33
4.5. TABLA DE CONTINGENCIA	35

5. DISCUSIONES	38
6. CONCLUSIONES	40
BIBLIOGRAFÍA.....	41

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos de rendimiento del calendario en el tiempo	23
Tabla 2. Estadística Descriptiva General de los proyectos de construcción	27
Tabla 3. Estadística Descriptiva por empresa	27
Tabla 4. Prueba de normalidad de los datos	31
Tabla 5. Coeficiente de correlación de Rho Spearman.....	34
Tabla 6. Tabla de contingencia Método * Desviación Final del tiempo %	35
Tabla 7. Pruebas de Chi cuadrado	37

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Índice de anticipación normal de tiempo.....	20
Figura 2. Precisión y anticipación de pronósticos en la construcción	22
Figura 3. Comportamiento de los índices de anticipación.....	29
Figura 4. Histograma índice de anticipación (Método2).....	31
Figura 5. Dispersión de datos factor de retraso (Método 3).....	32
Figura 6. Diagrama de caja para la desviación final del proyecto	32
Figura 7. Diagrama de caja para los índices de anticipación.....	33
Figura 8. Dispersión de datos entre el índice de anticipación (Método 3) y la desviación final del tiempo.....	34

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ANTICIPACIÓN DE TIEMPOS PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN *

AUTORES: IKER SNEIDER PRADA RANGEL, LEONARDO SARMIENTO PIÑA **

PALABRAS CLAVE: Sistema de control, Pronósticos, Retrasos, índice de anticipación, Métodos de estandarización, Cronograma, Gestión de proyectos

Se desea mejorar el control, el desempeño y la eficiencia que presentan los proyectos de construcción ya culminados en los Estados Unidos en base a la duración pronosticado o el cronograma de actividades presupuestado durante el porcentaje de avance del tiempo, por lo tanto, se aplicaran metodologías de cálculo relacionados con la evaluación de los pronósticos en proyectos de construcción con la finalidad de evitar los retrasos o desviaciones que se presenten en las obras de infraestructura. Es preocupante saber que en la industria de la construcción se presenten grandes retrasos en el tiempo durante la etapa constructiva, afectando así, al desarrollo de infraestructura de una sociedad. Una de las razones a estas problemáticas se debe a la falta de planeación, seguimiento y control de estos parámetros que permitan analizar el estado del proyecto, teniendo en cuenta la medición del rendimiento y detectando así las desviaciones finales que se presentan para generar la información acerca del estado del proyecto. Al final se compararan los valores pronosticados y actuales del cronograma generando de este modo las desviaciones finales del tiempo y por lo tanto se seleccionara el índice de anticipación más apropiado y eficiente para predecir los retrasos en los proyectos de construcción calculada a partir del método estandarización propuesto.

* Trabajo de Grado

** Facultad Fisicomecánicas. Ingeniería Civil . Director: Guillermo Mejía Aguilar . Ingeniero Civil, Phd.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF THE INDEXES OF ANTICIPATION OF TIMES FOR PROJECTS OF CONSTRUCTION

AUTHOR(S): IKER SNEIDER PRADA RANGEL, LEONARDO SARMIENTO PIÑA **

KEYWORDS: Control of system, Forecasting, Delay, Timeliness, Standardization methods, Schedule, Project management.

The objective is to improve the control, the performance and efficiency that present the construction projects classified by three different companies already completed in the United States; based on the predicted duration or the schedule of activities budgeted. It will be determined during the progress of the percentage of time completed, therefore, it will be applied calculation methodologies related to the evaluation of the forecasts in construction projects in order to avoid the delays or deviations that can be submitted in the infrastructure works. It is disturbing to know that in the construction industry, major delays are presented during the constructive stage, thus affecting the development of the infrastructure of a society. One of the reasons for these problems is due to the lack of planning, tracking and controlling these parameters that can be used to analyze the status of the project, taking into account the measure of the performance and thus to detect final deviations that are presented to generate information about the status of the project. At the end comparing the predicted values and the current schedule, it will be generated the final time deviations and therefore it will be selected the most appropriated and efficient anticipation index to predict the delays in construction projects calculated according to the proposed standardization method.

* Work Degree

** Industrial University of Santander. Faculty of Engineerings Physicist –Mechanics. School of Civil Engineering. Director: Guillermo Mejía Aguilar. Civil Engineer, Phd.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en Colombia los problemas más frecuentes que persisten en la industria de la construcción es la dificultad para culminar los proyectos dentro del tiempo presupuestado, conllevando a sobrecostos de las obras. Algunos de los ejemplos más representativos son: 1) El proyecto del Túnel de La Línea que se encuentra actualmente en construcción entre las ciudades de Calarcá y Cajamarca, con diversos inconvenientes que han ocasionado retrasos en el proyecto y una solicitud de ampliación del periodo de ejecución de 13 meses.¹; 2) La modernización y ampliación de la Refinería de Cartagena (Reficar), que presentó retrasos en la ejecución por motivos ambientales y mano de obra calificada, lo que implicó un retraso del 27,6 % durante su ejecución². Según, La Cámara Colombiana de Infraestructura admite que los retrasos en los proyectos es un problema crítico en el país y asegura que es necesario tomar medidas ante esta problemática.

Para evitar estos retrasos, diversos autores han propuesto diferentes metodologías y técnicas de control que proporcionan indicadores de desempeño y de alerta temprana. Una de las metodologías de control más utilizadas es el Método de valor ganado (Earned Value Method), el cual permite monitorear el costo y el tiempo del proyecto para predecir su desempeño futuro. Otro de los métodos empleados es el método de la ruta crítica (Critical Path Method), el cual permite monitorear el tiempo de ejecución del proyecto. Estas metodologías plantean indicadores que están relacionados al tiempo, costo y la calidad

¹ PORTAL FINANCIERO, ECONÓMICO Y EMPRESARIAL; Sectorial. Túnel de La Línea, sin Póliza de Garantía [en línea] [Citado Noviembre de 2014] Disponible en: https://www.sectorial.co/index.php?option=com_content&view=article&id=29468:panorama-vial-en-colombia-grandes-proyectos-de-infraestructura-con-importantes-retrasos-en-las-obras&catid=40:informes-especiales&Itemid=208

² GUTIÉRREZ Javier. "En la mira el proyecto más grande de la historia: Reficar"; Revista Semana (2012) p. 1-4.

(Bredillet, 2008) ;(De Marco & Rafele, 2009); (Wang El-Gafy & Zha, 2010).En el caso del tiempo, estos indicadores de alerta temprana pretenden detectar con anticipación los retrasos en los proyectos de construcción (Mejía, 2013). Actualmente la literatura ha brindado estos indicadores como una referencia para evitar retrasos en un proyecto de construcción.

Aunque estas técnicas han permitido evaluar el desempeño de los proyectos a lo largo del tiempo, no es claro definir cuál indicador de anticipación resulta ser el más apropiado para predecir retrasos en los proyectos de construcción, debido a la exactitud de sus resultados.

Ante esta problemática, el estudio plantea determinar el índice de anticipación más apropiado para predecir retrasos en los proyectos de obra civil durante su etapa de construcción que permita una toma de acciones correctivas y oportunas.

1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general del estudio fue determinar el índice de anticipación más apropiado para predecir retrasos de los proyectos durante la etapa de construcción y tomar acciones correctivas y oportunas.

Por consiguiente, el estudio propuso específicamente los siguientes objetivos:

- Comparar los tres métodos de estandarización de los índices de anticipación de tiempo identificados de la literatura especificada.
- Evaluar los índices de anticipación de tiempo obtenidos a partir de diferentes metodologías de cálculo.

Para enmarcar los propósitos mencionados, se enlazaron los alcances del proyecto:

- Los proyectos analizados corresponden a entidades confidenciales de los Estados Unidos (USA) con el fin de realizar un estudio no experimental cuantitativo.
- A los proyectos se le planteo diferentes métodos de estandarización, surgiendo respectivamente el índice de anticipación más favorable a lo largo de su duración en el tiempo.

2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo está enfocado en reunir los principales conceptos básicos y estudios previos relacionados a los pronósticos de tiempo y su relación con la gerencia de proyectos. Además de mostrar los diferentes métodos de análisis que se han utilizado para determinar su impacto en el plazo contractual del proyecto.

2.1 MÉTODO VALOR GANADO (SISTEMA DE CONTROL)

El método del valor ganado es una metodología utilizada en el seguimiento y control del proyecto. Esta metodología proporciona a los ejecutivos, directores de proyectos y otros grupos de interés, la posibilidad de visualizar el estado del proyecto a lo largo del ciclo de vida del proyecto, para gestionar sus recursos de manera más efectiva³.

El método del valor ganado nos permite comparar los valores reales y los pronosticados del proyecto, con el propósito de evaluar la incertidumbre, la cual puede ocasionar retrasos en una obra de construcción⁴. [6]

El método del valor ganado es una técnica que obtiene información de la línea base del proyecto y su análisis permite:

- Revisar si estamos por encima o por debajo del pronóstico y en qué proporción.
- Si está adelantado o atrasado en el cronograma.

³ BUDOWNICTWO I ARCHITEKTURA Earned Value method as a tool for project control. Institute of Construction, Faculty of civil and Sanitary Engineering, Lublin University of Technology, 20-618 Lublin, Nadbystrzycka40. Agata Czarnigowska 2008 pp. 15-32

⁴ VANDEVOORDE Stephan, VANHOUCKE“A Mario comparison of different duration forecasting methods using earned value metrics” International Journal of Project Management 24 (2006) p. 289-302

- Tomar las mejores decisiones, para los ajustes de desviaciones y el seguimiento de las acciones correctivas.

2.2 PRONÓSTICOS COMO HERRAMIENTA DE CONTROL

En la literatura encontramos un amplio contexto sobre los pronósticos en los proyectos de construcción. Por lo tanto, los pronósticos como función de control, se interrelacionan con los procesos de seguimiento, evaluación, ajuste de los costos y el cronograma de los proyectos (Kerzner, 2009; PML 2008). De hecho, un sistema de pronóstico calcula el resultado del costo, cronograma y recursos necesarios para cumplir con el alcance del proyecto (O'Brien et_ al 2009). Por esta razón, la función de pronósticos juega un papel importante cuando el sistema de control requiere primeras estimaciones del costo del proyecto y el horario en la terminación. La importancia de la predicción como una función de control se basa en la capacidad de generar y proporcionar información precisa y oportuna sobre el estado actual del proyecto, por lo que los equipos de gerencia toman decisiones correctas cuando sea necesario (Alarcón y Ashley, 1996: Kerzner, 2009: PMI).

Por lo tanto, un buen sistema de control debe medir el desempeño del proyecto y el reporte inmediato de cualquier desviación del plan inicial, por lo que los interesados obtengan estados financieros fiables y proyecciones de flujo de caja.

En otra mano, profesionales y académicos en la construcción concebir el pronóstico como la técnica para estimar el costo y tiempo esperado del proyecto a la terminación [Jarnagan, 2009; Lukas, 2008; Instituto en la Gerencia de proyectos (PMI), 2011]. Por lo tanto, los pronósticos es vista como una función presente en las actividades de planificación de proyectos, la gestión de riesgos y control (Kim 2008; PMI, 2008).

En planeación de proyectos, las técnicas de pronósticos son usados para la estimación de costos y tiempos de un proyecto. En la gerencia de riesgos, la técnica de previsión es usada para evaluar el impacto de los factores de riesgo del proyecto. En control, la técnica de pronósticos es usada para estimar los costos y tiempos en la terminación del proyecto. Para efectos del presente estudio, previsibilidad y pronósticos son términos distintos que son estrechamente asociados a los procesos de control de proyectos⁵

2.3 EVALUACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

2.3.1 Índice de Anticipación. Es una concepción tradicional dentro de la industria evaluar el desempeño del proyecto basado en las desviaciones de la terminación del mismo. Si cualquier desviación del rendimiento de tiempo dificulta el valor inicial de un proyecto (Mulva & Dai, 2012), los retrasos de tiempos inicial dificulta aún más el valor actual. Afectará invariablemente el rendimiento del proyecto, pero la rápida identificación y el suministro de datos sobre este tipo de eventos pueden ser incorporados para generar una anticipación fiable.

Por lo tanto, el Índice de anticipación se define como la suma del área normalizada entre la curva del pronóstico y el valor final del proyecto. Proyectos con un mejor desempeño de anticipación, mostrará un índice de anticipación menor en comparación con los proyectos con grandes desviaciones.

Índice anticipación (PI)= Anticipación de costo (CP)+ Anticipación del tiempo (SP)

La anticipación de costo y del tiempo indican por separado la precisión de los valores previstos a lo largo de la realización del proyecto, comprobando así los

⁵ AGUILAR Guillermo M "Construction Cost and Schedule forecast" Costo de la construcción y prevención de tiempo (2013) p. 1-12

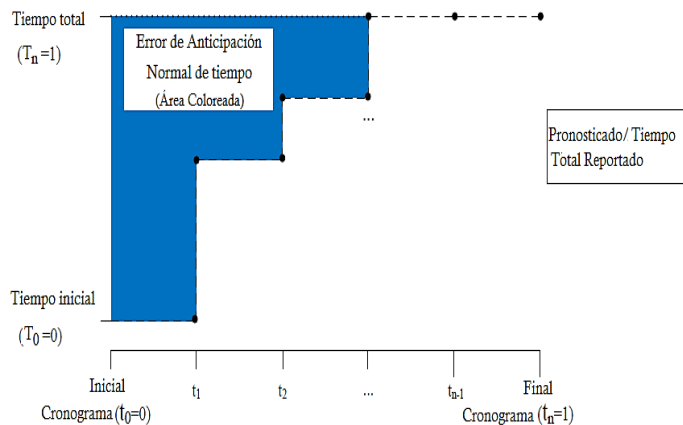
resultados del costo final y del tiempo final. Cada uno de estos resultados de anticipación es generado a partir del producto entre el error de la medida normalizada del tiempo por el valor absoluto del error de la desviación del tiempo.

$$CP = [\text{Error de Desviación normalizada de costo}] \times [\text{ABS (\% Error de desviación de costo)}]$$

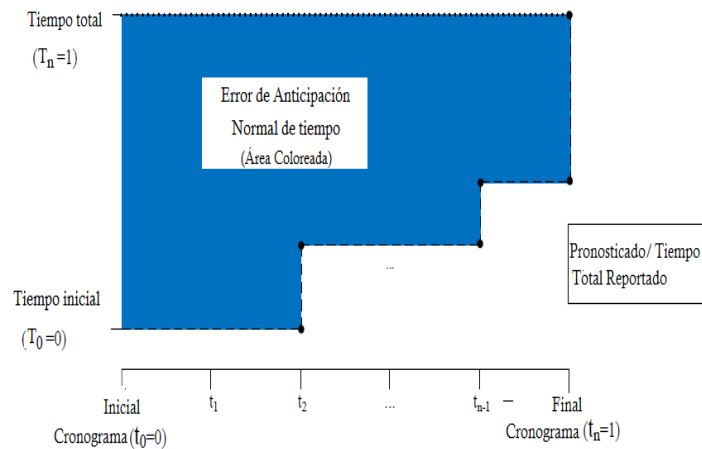
$$SP = [\text{Error de Desviación normalizada de tiempo}] \times [\text{ABS (\% Error de desviación de tiempo)}]$$

El error de anticipación normal calcula la exactitud de las predicciones a lo largo de la línea de tiempo de la terminación del proyecto, y se calcula por separado para las medidas de costo y tiempo. La figura 1 muestra dos ejemplos conceptuales de los componentes de anticipación normalizada de tiempo para dos proyectos con tiempos subestimados, por lo tanto, el área del error de anticipación se muestra en su totalidad por debajo de los valores reales de tiempo.

Figura 1. Índice de anticipación normal de tiempo



(a) Proyecto A



(b) Proyecto B

Fuente: The Predictability Index, 2013

En el proyecto A (*Figura #1 (a)*), representa un predictor de tiempo temprano y preciso, mientras el proyecto B (*Figura #1 (b)*) representa un predictor de retraso en el tiempo real de su finalización.

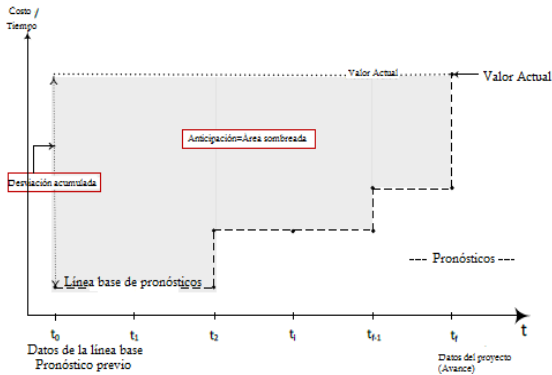
De acuerdo con la ecuación de anticipación de tiempo (SP), por lo mismo el porcentaje de desviación de tiempo, el proyecto A es un indicador de mayor precisión que el proyecto B, debido a su menor error de anticipación normal de tiempo⁶.

2.3.2 Desviación de Pronósticos en Proyectos de Construcción. Las propuestas sugeridas para la exactitud de los proyectos, hasta el momento, presenta algunas carencias debido a la complejidad de medir el tiempo y la necesidad de una medida práctica y fiable. El presente estudio propone evaluar la previsibilidad en base a la anticipación y tomar los valores de medida más precisa. La anticipación es la estimación del área sombreada encerrada por la línea del valor actual y la línea base del proyecto. Complementaria a esta propuesta, una

⁶ GRAU David, BACK, W. Edward, ABBASZADEGAN Amin, and SIRVEN Rick, "The Predictability Index; A Novel Project Performance Metric to Assess the Early Prediction of Cost and Time Outcomes" Construction Research Congress, Enero 2014, pp. 2310-2311

connotación práctica es la desviación acumulada que representa el impacto de cualquier desviación en el valor pronosticado a la terminación del proyecto. La desviación acumulada es la diferencia entre el valor actual del tiempo y la línea base del pronóstico (Figura # 2).⁷ [3]

Figura 2. Precisión y anticipación de pronósticos en la construcción



Fuente: Mejía, 2013

⁷ AGUILAR Guillermo M "Construction Cost and Schedule forecast" Costo de la construcción y prevención de tiempo (2013) p. 1-12

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACION

Para cumplir con el objetivo de este proyecto, se recopilaron y se almacenaron los datos de proyectos de construcción ya culminados en los Estados Unidos (USA). La información fue organizada por tres grupos de diferentes empresas, facilitando así, el cálculo de los índices de anticipación de tiempo en cada proyecto.

3.1 MUESTRA Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para el caso del presente estudio, las muestras están constituidas por diferentes proyectos de la construcción ya culminados. En la tabla 1, se ilustran el conjunto de datos que representa el rendimiento del cronograma de los proyectos de construcción, donde los periodos se tomaron en semanas.

Tabla 1. Datos de rendimiento del calendario en el tiempo

(a) Grupo #1

Proyecto	Valor Inicial (Semanas)	Valor Actual (Semanas)	Desviación del proyecto (%)
1	152	156	2,63%
2	163	174	6,75%
3	118	118	0,00%
4	129	131	1,55%
5	132	125	-5,30%
6	78	93	19,23%
7	107	121	13,08%
8	95	104	9,47%
9	136	148	8,82%
10	118	118	0,00%
Promedio	122,8	128,8	5,62%

(b) Grupo #2

Proyecto	Valor Inicial (Semanas)	Valor Actual (Semanas)	Desviación del proyecto (%)
11	176	230	30,68%
12	23	23	0,00%
13	50	195	290,00%
14	52	53	1,92%
15	160	176	10,00%
16	172	174	1,16%
17	117	117	0,00%
18	46	69	50,00%
19	65	91	40,00%
20	128	206	60,94%
201	931	1151,78	23,72%
Promedio	174,55	226	46,22%

(c) Grupo #3

Proyecto	Valor Inicial (Semanas)	Valor Actual (Semanas)	Desviación del proyecto (%)
21	35	50	42,86%
22	26	26	0,00%
23	9	9	0,00%
24	35	50	42,86%
25	26	26	0,00%
26	18	18	0,00%
27	12	24	100,00%
28	60	60	0,00%
29	8	44	450,00%
30	30	54	80,00%
Promedio	25,9	36,1	71,57

Para el presente estudio, se realizó un diseño no experimental de tipo transversal, los cuales se recolectaron datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Los datos fueron recopilados y organizados en su totalidad para generar, así, un análisis estadísticos del presente estudio, estos datos fueron realizados con la ayuda del programa comercial *IBM SPSS™ versión 21*.

3.2 UNIDAD DE ANALISIS

La unidad de análisis para el estudio realizado son los proyectos de construcción. La información fue organizada, tabulada y analizada por grupos que representan empresas de los Estados Unidos (USA).

El cuerpo de la información se recopiló, registró y se tabuló en una hoja de cálculo de EXCEL™, para realizar el análisis de estudio de los factores o variables operacionales en la línea del tiempo según el método planteado. La interpretación de las variables es de gran ayuda para la organización e interpretación de sus comportamientos con respecto a los índices de anticipación

3.2.1 Variables de Estudio. En los proyectos se identificaron algunas variables de estudio en la cual facilito la evaluación y el comportamiento de los datos que conforman el valor inicial del tiempo presupuestado hasta el valor final del proyecto. Estas variables se clasifican del siguiente modo:

- FSD: Desviación final en el tiempo del proyecto (%)
- T1: Índice de anticipación, suma del área normalizada entre la curva del pronóstico y el valor final del proyecto, calculado a partir del método 1
- T2: Índice de anticipación, suma del área normalizada entre la curva del pronóstico y el valor final del proyecto, calculado a partir del método 2
- T3: Índice de anticipación, suma del área normalizada entre la curva del pronóstico y el valor final del proyecto, calculado a partir del método

3.3 ANALISIS GENERALES

Los análisis que se realizaron para cada grupo o empresa, llevaron a cabo la interpretación del rendimiento de los proyectos, siendo así el grupo número 2 que registró la mayor cantidad de proyectos del total y el mayor número de semanas ejecutadas con un promedio aproximado de 226 (semanas), siendo el grupo que presenta la mayor desviación final del tiempo presupuestado en los proyectos de construcción con promedio aproximado del 45%. Generalmente, el grupo número 3, presentó la menor cantidad de semanas ejecutadas, presentando una tendencia de desviación del proyecto al 26%.

Realizando un resumen general de los grupos, se analizó que 8 proyectos se mantuvieron constantes y no presentaron desviaciones durante su ejecución y 10 fue el total de proyectos que terminaron antes del tiempo presupuestado.

3.4 ANALISIS DESCRIPTIVOS

Para el presente análisis, se realizaron un conjunto de cálculos pertinentes a la estadística descriptiva de cada variable, organizado en una matriz de datos que muestra el resumen y el nivel de medición de los datos.

El nivel de medición de la variable determina cuál es la medida de tendencia central apropiada para interpretar los resultados, según sea la media, mediana y moda. Y para la medida de variabilidad se especifica el rango, desviación estándar y varianza (Ver tabla 2 y tabla 3)

Tabla 2. Estadística Descriptiva General de los proyectos de construcción

Estadístico	Variable			
	FSD	T1	T2	T3
Mínimo	-0,05	0,000	0,000	0,000
Máximo	4,5	1,350	0,451	2,400
Media	0,414	0,489	0,103	0,237
Desv. Típ.	0,938	0,382	0,120	0,513
Asimetría	3,572	0,095	1,584	3,545
Curtosis	13,39	-	2,463	12,667
		0,794		

Tabla 3. Estadística Descriptiva por empresa

Grupo	Estadísticos Descriptivos	Estadísticos			
		FSD	T1	T2	T3
1	Media	,057	,739	,052	,057
	Desv. Tip.	,071	,432	,041	,048
	Mínimo	-,050	0,000	0,000	0,000
	Máximo	,190	1,350	,109	,130
	Asimetría	,446	-,905	,136	,306
	Curtosis	-,067	,343	-	-
				1,576	1,436
2	Media	,463	,463	,123	,276
	Desv. Tip.	,837	,249	,138	,508
	Mínimo	0,000	0,000	0,000	0,000
	Máximo	2,900	,720	,451	1,757
	Asimetría	2,930	-	1,395	2,937
	Curtosis	9,104	,568	2,155	9,124
				1,284	
3	Media	,716	,268	,131	,375
	Desv. Tip.	1,380	,327	,144	,728
	Mínimo	0,000	0,000	0,000	0,000
	Máximo	4,500	,893	,436	2,400
	Asimetría	2,767	,855	1,028	2,906
	Curtosis	8,088	-,503	,790	8,798

4. ANALISIS DE RESULTADOS

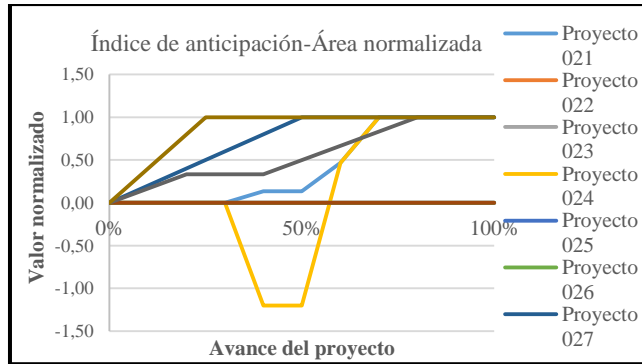
Como primera instancia, se describirán los comportamientos y las comparaciones de los tres métodos de estandarización de los índices de anticipación de tiempo para cada grupo y a partir de estos resultados se describirán los análisis más representativos del presente estudio.

4.1 COMPORTAMIENTO DE LOS ÍNDICES DE ANTICIPACIÓN

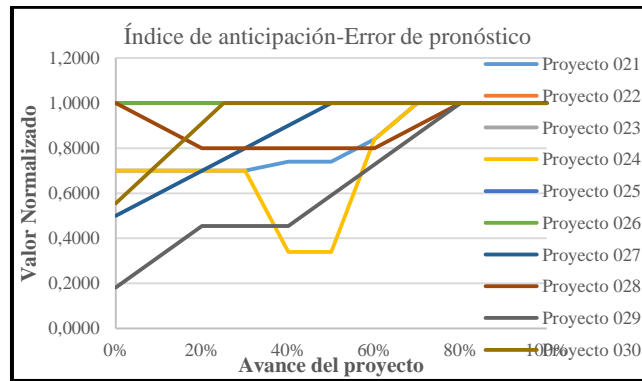
Comúnmente, uno de los factores que genera algún tipo de preocupación en los proyectos de construcción son las desviaciones o retrasos en el tiempo con respecto al valor inicial pronosticado en la finalización del proyecto. Estas desviaciones son una fuente importante de incertidumbre y riesgo de las organizaciones encargadas a la entrega de un proyecto. Una manera de reducir estas incertidumbres es determinar los comportamientos que presentan los índices de anticipación para cada metodología de cálculo.

4.1.1 Grupo 03. El análisis más representativo fue determinado para el actual grupo, presentando características de suma importancia al momento de compararla en cada uno de los métodos de estandarización. (Figura #3).

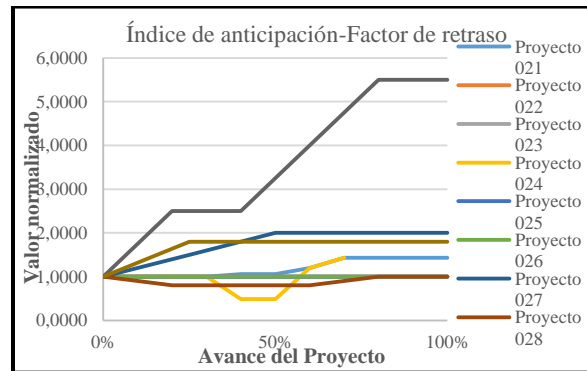
Figura 3. Comportamiento de los índices de anticipación



(a) Método 1



(b) Método 2



(c) Método 3

Para el método 1 (Figura # 3 (a)), los proyectos obtuvieron un comportamiento en el cual el área de normalización fue de menor magnitud, que a su vez, durante el periodo de ejecución presentaron una anticipación aproximada al 50 % a la finalización del tiempo pronosticado del proyecto.

El cálculo del área de error de pronóstico (Figura #3(b)), tuvo un valor estimado de mayor magnitud en comparación a los grupos restantes, con un valor aproximado de 0,131. Finalmente, una de estas características del actual grupo, son las desviaciones prolongadas de tiempo según el valor inicial de pronóstico, derivando así, una mayor área de factor de retraso en comparación con los proyectos pertenecientes a los tres grupos del presente estudio (Figura # 3(c)).

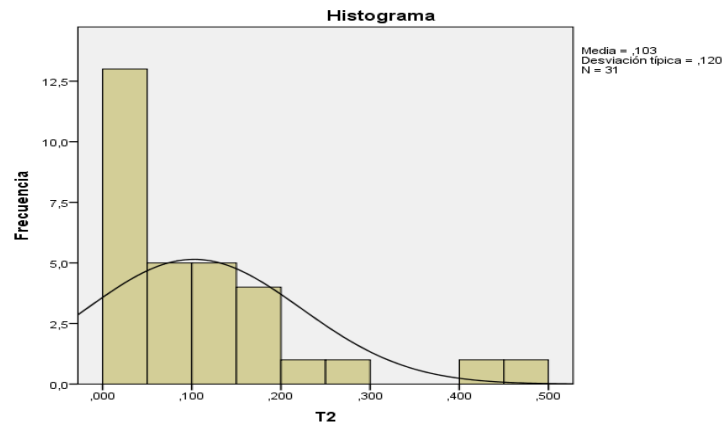
4.2 PRUEBAS DE NORMALIDAD

Al empezar el análisis estadístico y después de la depuración de los datos y la corrección de errores, debemos estudiar si el comportamiento de nuestras variables numéricas sigue una distribución normal. Para la interpretación de los resultados es de vital importancia contar con el tamaño de la muestra a la cual se le desea realizar el análisis y así determinar el método de ajuste a la cual se debe aplicar. Para este caso existen dos métodos de ajuste.

- Cuando la muestra cuente con un tamaño máximo de 50 datos, se puede contrastar la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk.
- Cuando la muestra cuente con un tamaño mayores a 50 datos, se puede contrastar la normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov

El tamaño de la muestra del presente estudio, son de 31 proyectos de construcción y por lo tanto se tomara la prueba de Shapiro-Wilk. Un resultado con una $p < 0,05$, indica que nuestros datos no siguen una distribución normal.

Figura 4. Histograma índice de anticipación (Método2)



Para cada método de estandarización, los datos tomaron un comportamiento de forma asimétrica positiva (valores que tienden a reunir más en la parte izquierda de la gráfica) con respecto al eje de simetría (Figura #4). Como terminación de los resultados, estos no presentan una distribución normal. (Tabla 4).

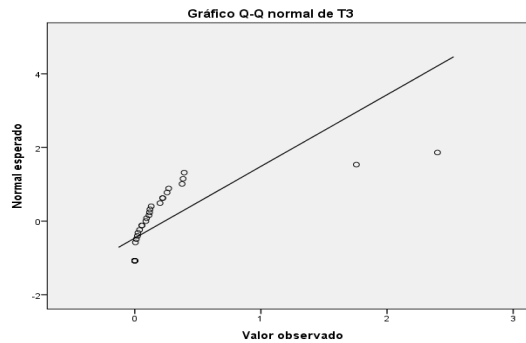
Si observamos el gráfico Q-Q (Figura 05), ratifica la conclusión anterior, debido a los valores observados no se sitúan sobre la recta y esto se debe a que los datos se encuentran dispersos unos a otros, lo cual nos indica un comportamiento no normal.

Tabla 4. Prueba de normalidad de los datos

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
FSD	,487	31	,000
T1	,913	31	,015
T2	,808	31	,000
T3	,473	31	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Figura 5. Dispersión de datos factor de retraso (Método 3)

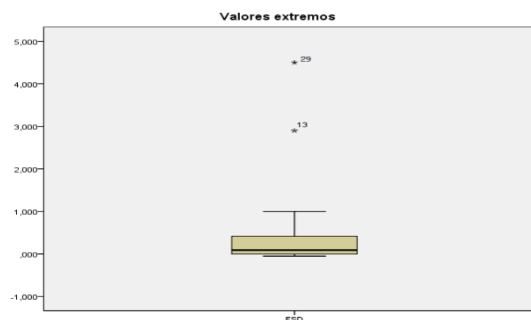


4.3 VALORES EXTREMOS

Un modo de identificar que tan alejado se encuentra un valor a la tendencia central de los datos son los gráficos de caja, una herramienta útil que muestra los valores atípicos y extremos de una serie.

Para los datos correspondientes a las desviaciones finales del tiempo, muestra que los proyectos 13 y 29 con una desviación significativa a la pronosticada se encuentran fuera del percentil 75 de la serie de datos. Por lo tanto se conocen como valores atípicos. (Figura # 6).

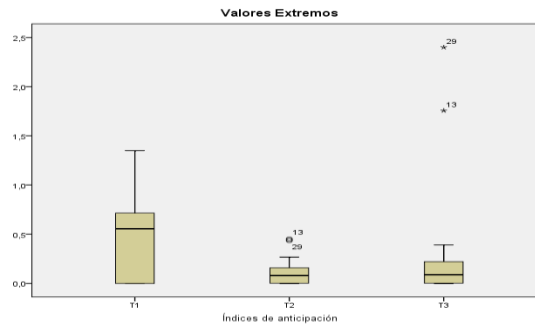
Figura 6. Diagrama de caja para la desviación final del proyecto



Para los datos correspondientes a los índices de anticipación, un caso particular se presenta para el método uno de estandarización, debido a que los valores se

encuentran por debajo de la mediana de los datos, llevando a estos resultados la permanencia y anticipación de ciertos proyectos de la construcción. Caso diferente a los métodos restantes, que presentan valores atípicos como son los proyectos 13 y 29 del presente estudio. (Figura # 7)

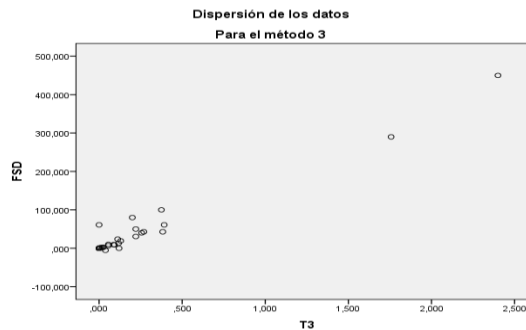
Figura 7. Diagrama de caja para los índices de anticipación



4.4 CORRELACIONES DE SPEARMAN

Los índices de anticipación tienen como objetivo principal predecir el retraso de un proyecto de construcción, que a su vez está relacionado con las desviaciones finales del tiempo de acuerdo con el valor inicial pronosticado al valor final de la terminación del proyecto. Con respecto a esta concepción, en el actual estudio se realizaron correlaciones no paramétricas con el método Spearman con el propósito de determinar el grado que están asociados los índices de anticipación y las desviaciones finales de tiempo, de cierto modo deducir si las alineaciones entre estas dos variables están efectivamente relacionados.

Figura 8. Dispersión de datos entre el índice de anticipación (Método 3) y la desviación final del tiempo.



El grado de dispersión representado en la figura # 8, demuestra que estas dos variables están directamente asociados que a medida que aumenta el porcentaje de desviación del proyecto también lo realiza el índice de anticipación.

Tabla 5. Coeficiente de correlación de Rho Spearman

		Correlaciones			
		FSD	T1	T2	T3
FSD	Coeficiente de correlación	1,000	,272	,784**	,803**
	Sig. (bilateral)		,139	,000	,000
	N	31	31	31	31
T1	Coeficiente de correlación	,272	1,000	,453*	,453*
	Sig. (bilateral)	,139		,010	,010
	N	31	31	31	31
T2	Coeficiente de correlación	,784**	,453*	1,000	,998**
	Sig. (bilateral)	,000	,010		,000
	N	31	31	31	31
T3	Coeficiente de correlación	,803**	,453*	,998**	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	,010	,000	
	N	31	31	31	31

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Luego de observar la tabla de coeficiente y su correspondiente gráfico de dispersión, se analizó que la interpretación de los resultados demuestra que el factor de retraso con un valor significativo de $p=0,803$ en comparación con los restantes métodos, indica una correlación con un valor de significancia de 0,05 entre fuerte y perfecta según la escala de medición especificada en la literatura.

4.5. TABLA DE CONTINGENCIA

Para analizar la relación de dependencia o independencia entre dos variables cualitativas nominales (para el estudio los índices de anticipación y la desviación final del tiempo), fue necesario realizar un estudio a la tabla de contingencia. (Ver tabla 06)

En las pruebas de significación estadística que acompañan el análisis basan su examen en comparar los resultados observados con los esperados. Para determinar si estos valores están asociados, se empleó la prueba de Chi-cuadrado para contrastar la Hipótesis Nula; H_0 = variables son independientes.

Tabla 6. Tabla de contingencia Método * Desviación Final del tiempo %

Método1		Desviación Final del tiempo %		Total
		FSD <0,41	FSD $\geq 0,41$	
Área normalizada <0,489	Recuento	11	4	15
	Frecuencia esperada	11,1	3,9	15
	% dentro de Metodo1	73,30%	26,70%	100,00%
Área normalizada $\geq 0,489$	Recuento	12	4	16
	Frecuencia esperada	11,9	4,1	16
	% dentro de Metodo1	75,00%	25,00%	100,00%

(a) Método 1

Método2		Desviación Final del tiempo %		Total
		FSD <0,41	FSD >=0,41	
Error de pronóstico <0,103	Recuento	18	0	18
	Frecuencia esperada	13,4	4,6	18
	% dentro de Metodo2	100,00%	0,00%	100,00%
Error de pronóstico >=0,103	Recuento	5	8	13
	Frecuencia esperada	9,6	3,4	13
	% dentro de Metodo2	38,50%	61,50%	100,00%

(b) Método 2

Método3		Desviación Final del tiempo %		Total
		FSD <0,41	FSD >=0,41	
Factor de retraso <0,237	Recuento	22	2	24
	Frecuencia esperada	17,8	6,2	24
	% dentro de Metodo3	91,70%	8,30%	100,00%
Factor de retraso >=0,237	Recuento	1	6	7
	Frecuencia esperada	5,2	1,8	7
	% dentro de Metodo3	14,30%	85,70%	100,00%

(c) Método 3

En los resultados expuestos en la tabla 7, se observa que para los métodos 2 y 3 existe un grado de asociación o dependencia, siendo estos valores menores a 0,05 rechazando así la hipótesis de independencia.

Tabla 7. Pruebas de Chi cuadrado

Chi-cuadrado de Pearson	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Método 1	,011 ^{a1}	1	0,916
Método 2	14,930 ^{a2}	1	,000
Método 3	16,948 ^{a3}	1	,000

5. DISCUSIONES

En esta sección se describirán un tema muy importante como lo es la de determinar el índice de anticipación más significativo para predecir retraso en los proyectos durante la etapa de construcción, este es un factor asociado con el tiempo.

Existen muchos factores que pueden influenciar en el retraso de un proyecto de construcción y más específicamente si se le hace un seguimiento desde el inicio del mismo aplicando el método del valor ganado.

Las utilidades de emplear el método del valor ganado en los proyectos de construcción me permite detectar falencias, durante el transcurso de su ejecución y poder tomar decisiones.

En nuestro estudio de pronósticos se analizaron por grupo diferentes generando criterios en cada uno de los métodos de evaluación.

En este estudio se analizaron tres métodos de estandarización el cual se analiza los diferentes grupos con determinados proyectos; los cuales son los siguientes índices de anticipación:

- Área normalizada
- Error de pronóstico
- Factor de Retraso

Los resultados pueden variar dependiendo el tipo de grupo y la duración del proyecto.

El estudio determino algunos factores de influencia a partir de la información disponible, los grupos con mayores duraciones de tiempo tiene una relación directamente proporcional con el retraso teniendo desviaciones mayores.

Se chequeo la normalidad de las variables, utilizando pruebas paramétricas, regresión logística y tablas de contingencia.

Se analizó la técnica de sistema de control debido al comportamiento de los proyectos, midiendo la incertidumbre de los mismos.

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados del estudio se puede sugerir que los proyectos que presentan un periodo grande durante la etapa constructiva, los valores pronosticados tienden a marcar una línea de desviación o retrasos significativa, contrario a los proyectos que presentan periodos cortos que tienden a enmarcar poca desviación o un grado de eficiencia en la finalización del tiempo del proyecto

El índice de anticipación más apropiado, para evitar los retrasos de los proyectos de construcción durante la etapa constructiva, según la metodología de cálculo , fue el del factor de retraso (Método 3), que presento un grado de relación o asociación con el valor de desviación del tiempo, siendo así estas dos variables directamente proporcionales.

Una de las herramientas más usadas en la gerencia de proyectos son las técnicas de control que determinan el grado de eficiencia y proporcionan indicadores de desempeño y de alerta temprana.

En la gerencia de proyectos encontramos factores la cual afectan el buen desarrollo da las obras civiles generan retrasos durante su etapa constructiva, teniendo influencia significativa para el cálculo de la eficiencia del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR Guillermo M “Construction Cost and Schedule forecast” Costo de la construcción y prevención de tiempo (2013) p. 1-12

BUDOWNICTWO I ARCHITEKTURA Earned Value method as a tool for project control. Institute of Construction, Faculty of civil and Sanitary Engineering, Lublin University of Technology, 20-618 Lublin, Nadbystrzycka40. Agata Czarnigowska 2008 pp. 15-32

GRAU David, BACK, W. Edward, ABBASZADEGAN Amin, and SIRVEN Rick, “The Predictability Index; A Novel Project Performance Metric to Assess the Early Prediction of Cost and Time Outcomes” Construction Research Congress, Enero 2014, pp. 2310-2311

GUTIÉRREZ Javier. “En la mira el proyecto más grande de la historia: Reficar”; Revista Semana (2012) p. 1-4.

PORTAL FINANCIERO, ECONÓMICO Y EMPRESARIAL; Sectorial. Túnel de La Línea, sin Póliza de Garantía [en línea] [Citado Noviembre de 2014] Disponible en: https://www.sectorial.co/index.php?option=com_content&view=article&id=29468:panorama-vial-en-colombia-grandes-proyectos-de-infraestructura-con-importantes-retrasos-en-las-obras&catid=40:informes-especiales&Itemid=208

VANDEVOORDE Stephan, VANHOUCKE “A Mario comparison of different duration forecasting methods using earned value metrics” International Journal of Project Management 24 (2006) p. 289-302