

# **LA ADMINISTRACIÓN DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE OBRA PÚBLICA**

**Rómel G. Solís Carcaño (expositor)**

**Gilberto A. Corona Suárez**

**Aldo J. García Ibarra**

Universidad Autónoma de Yucatán

Mérida, México

Cuerpo Académico Ingeniería de la Construcción

tulich@uady.mx

csuarez@uady.mx

## **“LA ADMINISTRACIÓN DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE OBRA PÚBLICA”**

### **RESUMEN**

Una de las principales fuentes de conflicto entre constructores y clientes se deriva del incumplimiento en la fecha de entrega de la obra; cuando esto ocurre, clientes, constructores y usuarios sufren diferentes afectaciones. La buena administración del tiempo de ejecución de los proyectos es un indicador importante de la eficiencia, profesionalismo y capacidad del constructor, y también puede utilizarse para evaluar el éxito de un proyecto. En este trabajo se presenta el resultado de la evaluación del desempeño en el tiempo de ejecución de los proyectos de obra pública, así como la aplicación de un método desarrollado recientemente para dicho fin. Los resultados mostraron que la mitad de los proyectos estudiados no se terminaron en el tiempo contratado y que el método aplicado resultó más eficaz que el método tradicional basado en el costo.

### **PALABRAS CLAVE**

Programación, construcción, evaluación del desempeño.

## INTRODUCCIÓN:

Uno de los problemas más frecuentes en la ejecución de los proyectos de construcción a nivel mundial son los retrasos en su terminación (Al-Karashi y Skitmore, *Construction Management and Economics*, 2009); las repercusiones que estos atrasos generan son diversas. El cliente pospone el inicio de sus ingresos y aumenta su costo financiero por no poner en operación el proyecto en la fecha planeada; además puede enfrentar diversos problemas derivados de los compromisos que asume, considerando una fecha contratada de entrega de la construcción (Marzouk *et al.*, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 2008).

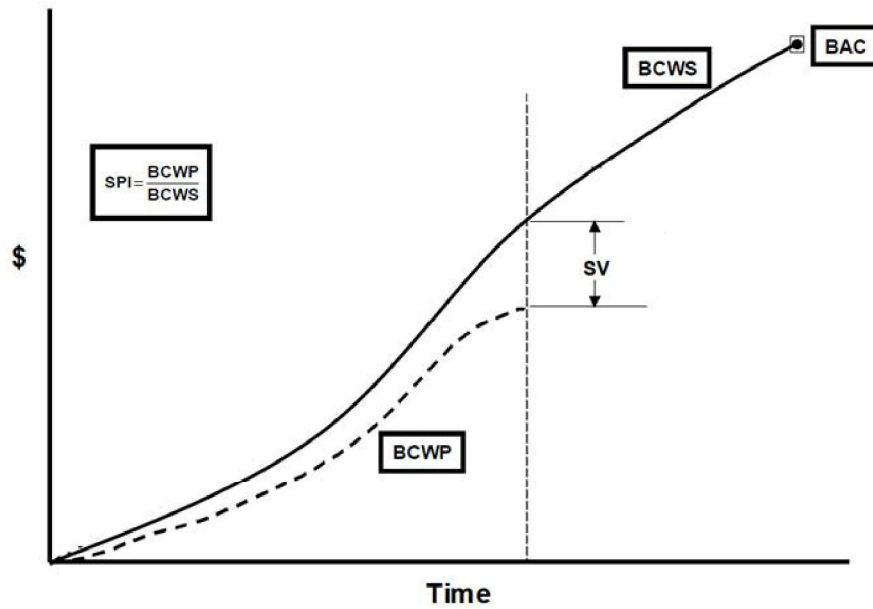
Para los constructores, la prolongación del proyecto genera sobrecostos. Lo anterior ocurre por tener que pagar tiempo adicional al personal de campo y oficina, por el escalamiento en el costo de los materiales, por requerir financiamiento durante un mayor tiempo y por posibles penas contractuales debido al retraso, entre otras causas (Singh, *Working Paper No. 181, Department of Economics, University of Delhi*, 2009). Por otra parte, el incumplimiento en la conclusión a tiempo de un proyecto daña la reputación de una empresa constructora, restándole posibilidades de adquirir nuevos contratos.

De igual forma, el atraso en la terminación de un proyecto puede impactar en la calidad en la ejecución del proyecto, ya que cuando ocurre un atraso los constructores dedican menos tiempo a la supervisión de la calidad y, principalmente, concentran sus esfuerzos en acelerar el ritmo de trabajo. Por lo general, se presiona al personal para que aumente su productividad o trabaje tiempos extras, lo cual suele provocar un incremento de errores en el trabajo (Woodward, *Construction Project Management: Getting it Right First Time*, 1997).

En los casos de proyectos de obra pública, se tienen también perjuicios de tipo social, ya que por lo general existen necesidades apremiantes que los proyectos deben resolver. Los efectos adversos generados por los atrasos en las construcciones pueden evitarse con un buen trabajo de planeación, estableciendo mecanismos de control, y promoviendo una coordinación y comunicación efectivas dentro de la organización (Solís *et al.*, *Ingeniería Revista Académica de la FIUADY*, 2009). La buena administración del tiempo de ejecución de los proyectos es un indicador importante de la eficiencia, profesionalismo y capacidad del constructor, y también puede utilizarse para evaluar el éxito de un proyecto y comparar el desempeño entre los constructores.

Desde el punto de vista de la administración del tiempo, para la evaluación del desempeño de la ejecución de los proyectos se ha utilizado tradicionalmente la Curva S, en la cual la variable independiente (x) es el tiempo, y la variable dependiente (y) es el costo presupuestado del trabajo programado para ese valor del tiempo. En la Figura 1 (Lipke, *The Measurable News*, 2003) se presenta esta curva nombrada en inglés como BCWS (Budgeted Cost for Work Scheduled), en donde la conclusión programada del proyecto está representada por el punto BAC (Budgeted at Completion).

**Figura 1: Curvas Tiempo vs. Costo presupuestado del trabajo programado (BCWS) y Tiempo vs. Costo presupuestado del trabajo ejecutado (BCWP).**



*Referencia: Lipke, The Measurable News, 2003.*

Conforme el proyecto se va ejecutando, el desempeño se va representando con otra curva, en la cual la variable dependiente (y) es el costo presupuestado del trabajo ejecutado para cada valor del tiempo. En la Figura 1 se presenta esta curva nombrada como BCWP (Budgeted Cost for Work Performed).

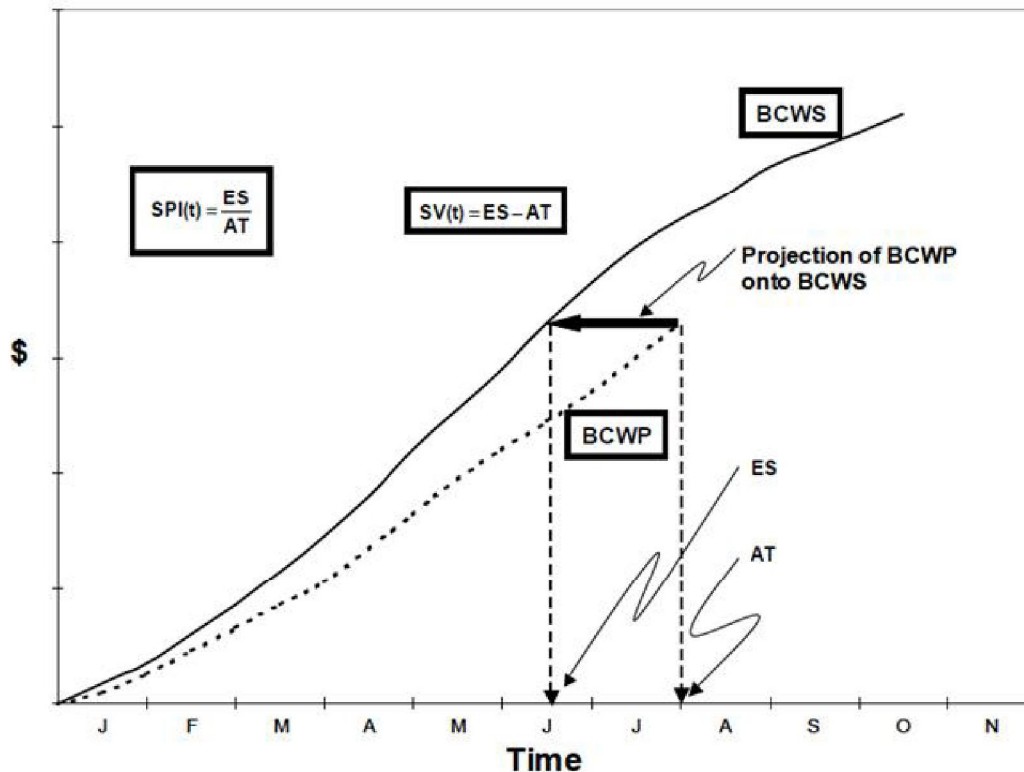
Para un valor dado del tiempo, el cociente (Índice del Desempeño del Programa) y la resta (Variación del Programa) de las ordenadas (y) de ambas curvas son los parámetros tradicionalmente utilizados para medir el desempeño de la ejecución del proyecto; en la Figura 1 son nombrados como SPI (Schedule Performance Index) y SV (Schedule Variance), respectivamente. Sin embargo, cuando el proyecto no se concluye en su fecha programada los dos parámetros pierden su utilidad pues la ordenada de la Curva S (BCWS en la Figura 1) deja de variar, pues tiene un valor límite que corresponde al importe del presupuesto. Por lo

general, desde el último tercio del tiempo de ejecución del proyecto estos parámetros tradicionales dejan de ser útiles.

Lipke (*The Measurable News*, 2003) propuso modificar la forma de evaluar el desempeño de los proyectos utilizando las abscisas (x) de las mismas dos curvas – que representan los tiempos – en vez de ordenadas (y) – que representan los costos. En la Figura 2 se presenta este enfoque modificado en donde AT (Actual Time) representa el tiempo real en el cual se realiza la evaluación del desempeño del proyecto, y ES (Earned Scheduled) representa el tiempo que corresponde al costo presupuestado del trabajo que ha sido realmente ejecutado en el tiempo AT. La diferencia de este enfoque, y ventaja principal, es que AT sigue variando cuando se rebasa la fecha programada de conclusión del proyecto (punto BAC de la Figura 1); y de esta forma los dos parámetros de desempeño siguen siendo útiles.

El objetivo del trabajo que se presenta fue medir el desempeño relacionado con la administración del tiempo, que una muestra de empresas tuvieron en la ejecución de proyectos de obra pública, utilizando el enfoque propuesto por Lipke en base a las abscisas de las curvas Tiempo vs. Costo Presupuestado del Trabajo Programado (BCWS) y Tiempo vs. Costo Presupuestado del Trabajo Ejecutado (BCWP). Así como comparar los enfoques tradicional y modificado, para observar las posibles ventajas de utilizar el enfoque propuesto.

**Figura 2: Enfoque modificado de la evaluación del desempeño de los proyectos en base a las abscisas de las curvas Tiempo vs. Costo presupuestado del trabajo programado (BCWS) y Tiempo vs. Costo presupuestado del trabajo ejecutado (BCWP).**



Referencia: Lipke, *The Measurable News*, 2003.

## METODOLOGÍA

La unidad de análisis estuvo conformada por proyectos de infraestructura educativa construidos en la Península de Yucatán. La muestra incluyó 14 proyectos que fueron construidos durante el tiempo en que se desarrolló la investigación.

Las variables que se midieron estuvieron relacionadas con el nivel de desempeño en la ejecución de los proyectos. Las variables no medidas, que se pretendieron controlar fueron: el cliente (la misma dependencia de gobierno contratante), el tipo de proyecto (de infraestructura educativa), la complejidad del diseño (proyectos con características estandarizadas y tipificadas), la temporalidad (proyectos ejecutados en el mismo lapso), contexto regional (proyectos ejecutados en la

Península de Yucatán) y especialización de los constructores (empresas que por lo general realizan este tipo de obras).

Las empresas y proyectos estudiados fueron caracterizados, las primeras en función de su tamaño (INEGI, *Banco de Información Económica*, 2011) y de la proporción del valor de su producción anual que corresponde al tipo de proyecto estudiado; y los proyectos, en función de su monto presupuestado y su duración programada, de acuerdo con los respectivos contratos.

Durante la ejecución de los proyectos estudiados, cada semana se evaluó el desempeño de la empresa por medio de dos variables: el Índice de Desempeño (ID) y el Índice de variación (IV); estos índices corresponden a SPI y SV, respectivamente, y fueron tomados de la teoría del avance o progreso alcanzado (Earned Schedule) desarrollada por Lipke (2003), explicada anteriormente.

Estos índices son una función del tiempo y se presentan en las Ecuaciones 1 y 2:

$$ID(t)=ES/AT \quad (1)$$

$$IV(t)=ES-AT \quad (2)$$

En donde AT representa la semana en la cual se realizó la evaluación del desempeño del proyecto, y ES representa la semana que corresponde al costo presupuestado del trabajo que había sido ejecutado realmente en AT. A continuación, para una mejor comprensión, se presenta un ejemplo: considérese la evaluación del Proyecto 1 en la semana 5 (AT). De la Curva S del proyecto se obtuvo que el Costo Presupuestado del Trabajo Programado hasta la semana 5 debía ser de \$64,320.25 (costo en dólares americanos), y el Costo Presupuestado del Trabajo Realmente Ejecutado hasta la semana 5 fue de \$32,269.96. También de la Curva S de ese proyecto, se obtuvo que el tiempo en el cual se debió haber tenido trabajo ejecutado con un costo de \$32,269.96 fue en el punto que equivale a 2.78 semanas (ES). De lo anterior resultó, aplicando la Ecuación 1, que el valor



del  $ID(5)$  fue de 0.56. Es claro, que si la función  $ID(t)$  toma valores menores de uno, la obra se encuentra atrasada; y que un valor en la función igual a 1 significa que la obra se está ejecutando, hasta ese momento, exactamente de acuerdo al programa (Curva S).

Para el mismo ejemplo, el valor de  $IV(5)$  fue de -2.22. También es claro que si la función  $IV(t)$  toma valores menores de cero, la obra se encuentra atrasada; y que el valor cero significa que la obra se está ejecutando de acuerdo al programa.

Se identificaron cuáles proyectos fueron concluidos en el tiempo originalmente contratado, así como los que se concluyeron en más tiempo; de entre estos últimos, se identificaron aquellos en los que el cliente – la dependencia de gobierno – otorgó a las empresas ejecutoras una prórroga. Se graficaron los parámetros de desempeño de los proyectos calculados con ambos enfoques, para observar la conveniencia de utilizar el enfoque modificado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de las empresas y proyectos

En la Tabla 1 se presenta la clasificación de las empresas según su tamaño, y el rango del porcentaje de su producción anual que corresponde al tipo de proyecto de obra pública estudiado; así como también los montos y duración programada de cada uno de los proyectos que fueron estudiados.

**Tabla 1: Datos descriptivos de las empresas y proyectos estudiados.**

Núm.	Empresas		Proyecto	
	Tamaño	Rango del porcentaje de producción del tipo de obra estudiada	Monto presupuesto (dólares U.S.*)	Duración programada (días)
1	Pequeña	41-60	\$219,673	91
2	Micro	81-95	\$228,569	84
3	Mediana	21-40	\$192,009	91
4	Micro	81-95	\$140,004	77
5	Mediana	61-80	\$455,572	98
6	Mediana	61-80	\$242,209	112
7	Pequeña	81-95	\$177,019	98
8	Pequeña	21-40	\$182,319	97
9	Micro	41-60	\$130,739	98
10	Pequeña	41-60	\$121,811	63
11	Pequeña	96-100	\$547,710	105
12	Mediana	21-40	\$128,293	84
13	Mediana	6-20	\$73,428	98
14	Mediana	21-40	\$177,879	98

(\*) Tipo de cambio FIX del Banco de México del 25/09/2013

*Fuente: los autores.*

### Índice de Desempeño

Para los proyectos estudiados se calcularon, semanalmente, los Índices de Desempeño (ID), utilizando la Ecuación 1. Estos índices se presentan en la Tabla 2, en ella se han sombreado los proyectos que se concluyeron en el tiempo originalmente contratado (proyectos: 2, 6, 7, 8, 11, 13 y 14), y se han marcado con un asterisco (\*) los proyectos que, no habiendo concluido en el tiempo originalmente contratado, se les otorgó una prórroga hasta su conclusión (proyectos: 4, 5, 9 y 12). La justificación que se documentó para el hecho de haber ampliado el plazo de ejecución en casi un tercio de los proyectos fue que se incrementó los alcances de éstos; lo anterior puede ser causa, en el menos malo de los casos, de un trabajo incompleto de planeación, y en el peor de los casos, de una práctica de simulación para evitar aplicar penas por incumplimiento del contrato a los constructores.

**Tabla 2: Valores calculados del Índice de Desempeño (ID) para los 14 proyectos estudiados.**

Semana s	Proyectos													
	1	2	3	4*	5*	6	7	8	9*	10	11	12*	13	14
1	0.2 4	1.0 0	0.8 4	0.2 3	0.9 1	4.3 5	1.4 1	1.0 6	0.7 1	0.1 4	2.9 5	0.0 2	1.0 4	0.4 5
2	0.3 1	1.2 4	0.8 0	0.2 2	0.5 4	2.5 2	1.0 3	0.9 4	0.3 6	0.0 7	2.4 2	0.5 0	0.7 5	0.3 6
3	0.4 0	1.2 8	0.8 6	0.1 8	0.9 3	2.1 4	0.8 4	0.9 2	0.8 1	0.1 0	1.9 7	0.3 4	0.5 2	0.7 7
4	0.3 9	1.4 0	1.0 2	0.1 6	1.0 0	1.6 0	0.7 8	1.1 2	0.8 6	1.1 1	1.6 6	0.2 5	0.3 9	0.7 7
5	0.5 6	1.3 2	0.9 9	0.1 7	1.0 6	1.5 5	0.7 4	1.0 6	0.9 6	0.8 9	1.5 0	0.2 0	0.3 1	0.7 2
6	0.6 6	1.2 3	0.9 8	0.5 3	1.0 4	1.3 5	0.7 5	0.9 5	0.9 1	1.3 6	1.4 1	0.4 3	0.4 6	0.7 7
7	0.6 7	1.1 3	0.9 1	0.8 2	1.0 0	1.3 3	0.7 8	0.9 1	0.8 0	1.3 8	1.2 7	0.5 5	0.5 8	0.8 3
8	0.7 6	1.0 5	0.9 8	0.9 8	1.0 4	1.2 8	0.8 8	0.8 8	0.8 6	1.3 3	1.1 9	0.6 2	0.6 1	0.8 6
9	0.7 5	1.0 2	1.0 1	0.9 8	1.0 0	1.2 1	0.8 9	0.8 0	0.8 7	1.3 0	1.1 1	0.8 2	0.5 4	0.8 8
10	0.8 3	0.9 8	0.9 8	0.9 2	1.0 1	1.1 6	1.0 3	0.9 4	1.1 2	1.1 9	1.0 9	0.8 4	0.7 6	0.9 1
11	0.7 7	0.9 7	0.9 3	0.9 7	1.0 0	1.1 7	1.0 2	1.0 5	1.0 2	1.0 8	1.0 5	0.8 7	0.7 4	0.9 0
12	0.9 3	1.0 0	0.9 2	0.9 4	1.0 0	1.1 3	1.0 0	1.1 6	1.0 2	0.9 9	1.0 4	0.9 4	0.7 6	0.9 3
13	0.9 2		0.9 2	0.9 8	0.9 4	1.0 8	1.0 1	1.0 8	0.9 5	0.9 3	1.0 2	0.8 9	0.9 8	0.9 3
14	0.9 3		0.8 9	1.0 0	0.8 8	1.0 4	1.0 0		0.8 8	0.8 9	1.0 0	0.9 4	1.0 0	1.0 0
15			0.8 7		0.8 2	1.0 1			0.8 7	0.8 3	0.9 3	1.0 0		
16					0.7 9	1.0 0			0.9 6	0.7 8	1.0 0			
17					0.7 6				1.0 0	0.7 5				
18					0.7 5					0.7 1				
19					1.0					0.7				

0

4

Fuente: los autores.

### Índice de Variación

También se calcularon semanalmente los Índices de Variación (IV) de los proyectos, utilizando la Ecuación 2. Estos índices se presentan en la Tabla 3, en la que se han sombreado los proyectos que se concluyeron en el tiempo originalmente contratado, y se han marcado con un asterisco los proyectos a los que se les otorgó una prórroga hasta su fecha de conclusión.

**Tabla 3: Valores calculados del Índice de Variación (IV) para los 14 proyectos estudiados.**

Semanas	Proyectos														
	1	2	3	4*	5*	6	7	8	9*	10	11	12*	13	14	
1	-	0.76	0.00	0.16	0.77	0.09	3.35	0.41	0.06	0.29	0.86	1.95	0.98	0.04	0.55
2	-	1.38	0.48	0.39	1.56	0.92	3.04	0.06	0.12	1.29	1.86	2.84	0.99	0.50	1.29
3	-	1.79	0.83	0.43	2.47	0.22	3.42	0.48	0.24	0.57	2.70	2.91	1.99	1.44	0.68
4	-	2.45	1.60	0.07	3.36	0.00	2.42	0.88	0.46	0.55	0.44	2.66	2.99	2.44	0.92
5	-	2.22	1.59	0.03	4.13	0.32	2.76	1.32	0.29	0.21	0.56	2.52	3.99	3.44	1.40
6	-	2.05	1.41	0.13	2.79	0.26	2.08	1.52	0.28	0.54	2.14	2.48	3.42	3.24	1.38
7	-	2.29	0.92	0.60	1.26	0.00	2.32	1.55	0.63	1.38	2.69	1.92	3.14	2.91	1.16
8	-	1.95	0.36	0.17	0.15	0.29	2.26	0.93	0.99	1.13	2.65	1.52	3.00	3.10	1.12
9	-	2.25	0.21	0.09	0.21	0.01	1.89	0.96	1.81	1.16	2.66	1.01	1.62	4.10	1.10
10	-	1.73	0.21	0.22	0.75	0.09	1.64	0.30	0.58	1.17	1.90	0.89	1.57	2.38	0.90
11	-	2.48	0.31	0.74	0.30	0.00	1.88	0.17	0.60	0.27	0.90	0.52	1.38	2.83	1.10
12	-	0.81	0.00	0.99	0.68	0.00	1.52	0.01	1.89	0.22	0.10	0.48	0.71	2.82	0.84

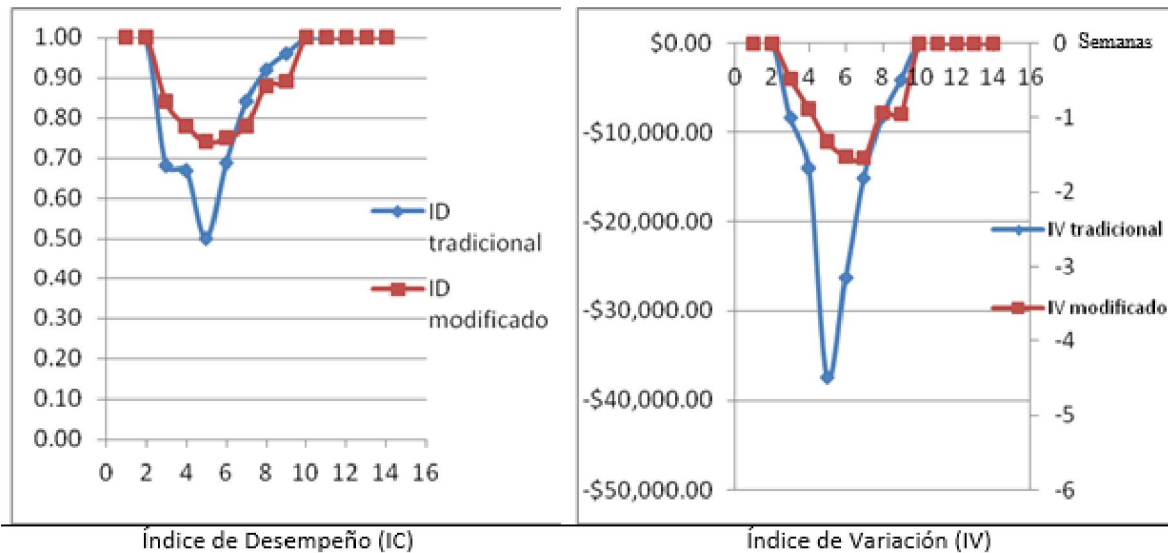
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.00		1.06	0.28	0.74	1.09	0.10	1.00	0.70	0.97	0.31	1.47	0.28	0.92
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.00		1.53	0.00	1.66	0.56	0.00		1.70	1.50	0.00	0.78	0.00	0.00
15			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2.00		2.65	0.11			1.91	2.49	1.00	0.00		
16					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					3.37	0.00			0.58	3.48	0.00			
17					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					4.10				0.00	4.27				
18					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					4.48					5.22				
19					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					0.00					5.00				

*Fuente: los autores.*

### Comparación entre los dos enfoques

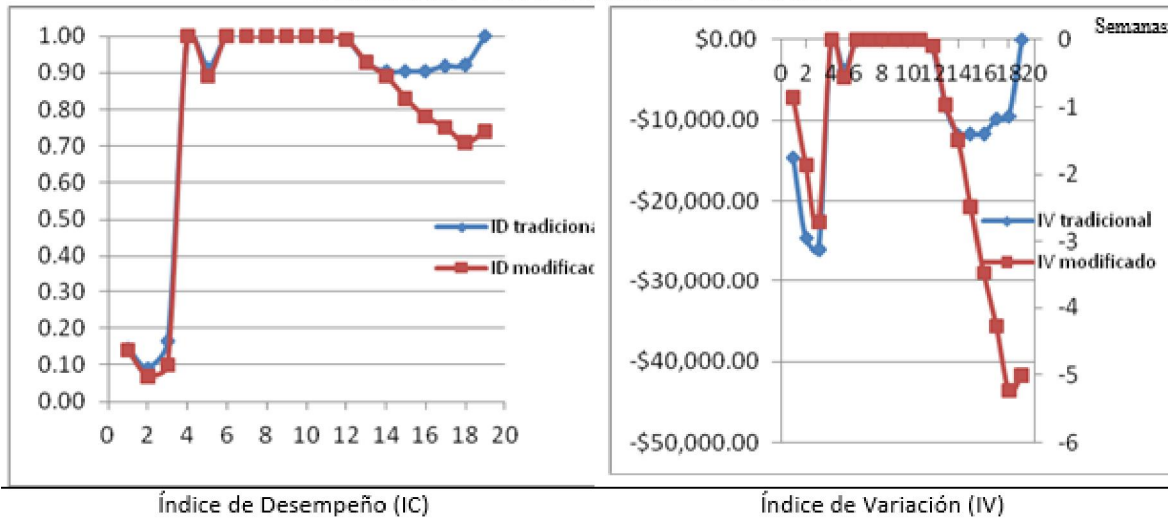
Para ejemplificar las diferencias que se tienen, para la evaluación de la ejecución, entre los enfoques tradicional (basado en costo) y el enfoque modificado (basado en tiempo), se calcularon los parámetros ID e IV de dos proyectos: el 7 que se concluyó en las 14 semanas que se pactaron en el contrato, y el 10 que se concluyó con un atraso de 5 semanas respecto al plazo contratado (14). En las Figuras 3 y 4 se presenta la comparación de los parámetros calculados al concluir cada semana de ejecución. Se hace la observación que los ID (resultado de un cociente) carece de unidad; mientras que los IV (resultado de una resta) presenta unidades diferentes para cada enfoque: en el tradicional, unidades de costo, y en el modificado unidades de tiempo (semanas); por lo anterior en las gráficas de IV se utilizaron dos ejes “y” (dólares en el eje izquierdo y semanas en el derecho).

**Figura 3: Comparación de los enfoques tradicional y modificado de los parámetros para medir el desempeño de la ejecución del Proyecto 7, concluido en el tiempo contratado.**



Fuente: los autores.

**Figura 4: Comparación de los enfoques tradicional y modificado de los parámetros para medir el desempeño de la ejecución del Proyecto 10, concluido con 5 semanas de atraso.**



En el proyecto ejemplificado que fue concluido en tiempo (Proyecto 7), se puede apreciar que para los dos enfoques, las funciones ID e IV tienen una forma similar (Figura 3); manifestándose en ambos casos, que en el enfoque tradicional (basado en costo) los atrasos se hacen relativamente más notorios.

En el proyecto ejemplificado que fue concluido con atraso (Proyecto 10), se puede apreciar la ventaja de utilizar el método modificado (Figura 4); ya que mientras en el enfoque tradicional las funciones ID e IV muestran que aparentemente el desempeño mejora a partir de la semana 14 (fecha de conclusión programada), en el enfoque modificado las funciones ID e IV muestran que el desempeño sigue empeorando, que es lo que realmente ocurrió en la que ejecución a partir de la semana 12. Los parámetros calculados con el enfoque modificado permiten observar el pésimo desempeño que tuvo este proyecto, que concluyó con un atraso de aproximadamente un 40 % respecto al tiempo pactado originalmente.

**CONCLUSIONES:**

La mitad de los proyectos estudiados no se concluyeron en tiempo originalmente contratado. Se observó que se otorgaron ampliaciones en el plazo de ejecución a algunos constructores, exactamente hasta la fecha en la que se concluyeron los proyectos; esto puede ser que sea una práctica común. El procedimiento modificado (siguiendo la teoría de Lipke) mostró ser eficaz para la evaluación del desempeño de los proyectos en su parte final, en la cual el procedimiento tradicional pierde su utilidad.



**REFERENCIAS:**

- ❖ Al-Karashi A. and Skitmore M. (2009). "Causes of Delays in Saudi Arabian Public Sector Construction Projects"; *Construction Management and Economics*, 2 (1), 3-23.
- ❖ Marzouk M., El-Dokhmasey A. and Moheeb E. (2008). "Assessing Construction Engineering-Related Delays: Egyptian Perspective"; *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 134 (3), 315-326.
- ❖ Singh R. (2009). "Cost and Time Overruns in Infrastructure Projects: Extent, Causes and Remedies"; Working Paper No. 181, Department of Economics, University of Delhi, Nueva Deli, 5-10.
- ❖ Woodward J. (1997). "Construction Project Management: Getting it Right First Time"; Publisher: Thomas Telford, (London).
- ❖ Solís, R. Martínez G., y González J. (2009). "Estudio de caso: demoras en la construcción de un proyecto en México." *Ingeniería, Revista Académica de la FIUADY*, 13 (1), 41-48.
- ❖ Lipke W. (2003). "Schedule is different"; *The Measurable News*, March, 2003, 7-9.
- ❖ INEGI (2011). "Banco de Información Económica", 2011; Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado en: <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVR35#arbol>
- ❖ (1 de Marzo de 2011).

**ACERCA DE LOS AUTORES**

*El M.I. Rómel Gilberto Solís Carcaño estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad de Yucatán, México. Posteriormente se graduó como Maestro en Ingeniería – Construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), México. Actualmente es Profesor Titular de tiempo completo de la Unidad de Posgrado e Investigación de la UADY.*

*El Dr. Gilberto Corona se graduó como Maestro en Ingeniería – Construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán. Posteriormente, obtuvo el grado de Doctorado en Ingeniería y Administración de la Construcción en la Universidad de Alberta, Canadá. Actualmente es Profesor-Investigador de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán.*

*El M.I. Aldo José García Ibarra estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), México. Posteriormente se graduó como Maestro en Ingeniería en la (UADY).*