

DEMOSTRACIÓN: CUÁL ES LA MEJOR FÓRMULA PARA ESTIMAR EL COSTO AL FINAL DE OBRA CON EL VALOR GANADO

En el presente artículo, vamos a demostrar cuál es la mejor fórmula para estimar el costo al que se llegará final de la obra, empleando la metodología del Valor Ganado.

Indagado sobre artículos que tratan sobre gestión de proyectos con el Valor Ganado, encontré 4 fórmulas de cálculo, las cuales se han explicado en el vídeo PROYECCIÓN DEL COSTO AL FINAL DE LA OBRA CON LA METODOLOGÍA DEL VALOR GANADO.



1.1 FÓRMULAS

PRIMERA FÓRMULA

Es empleada cuando se estima que en el futuro, no habrá variaciones significativas del ritmo de la obra, y no existe mucha diferencia, entre el valor ganado **EV**, y el costo real de la obra **AC**, esto es: $CPI = EV / AC \approx 1$

Por lo tanto, el **EAC** (Estimación a la conclusión), será igual al **AC** (Costo real) más el **BAC** (presupuesto hasta la conclusión) menos el **EV** (Valor ganado).

$$EAC = AC + (BAC - EV)$$

SEGUNDA FÓRMULA

Es similar a la primera fórmula, la cual incluye el índice de rendimiento de costo **CPI**, por lo que esta forma considera que las variaciones de costos se reflejarán en el comportamiento futuro del ritmo de la obra.

$$EAC = AC + (BAC - EV) / CPI$$

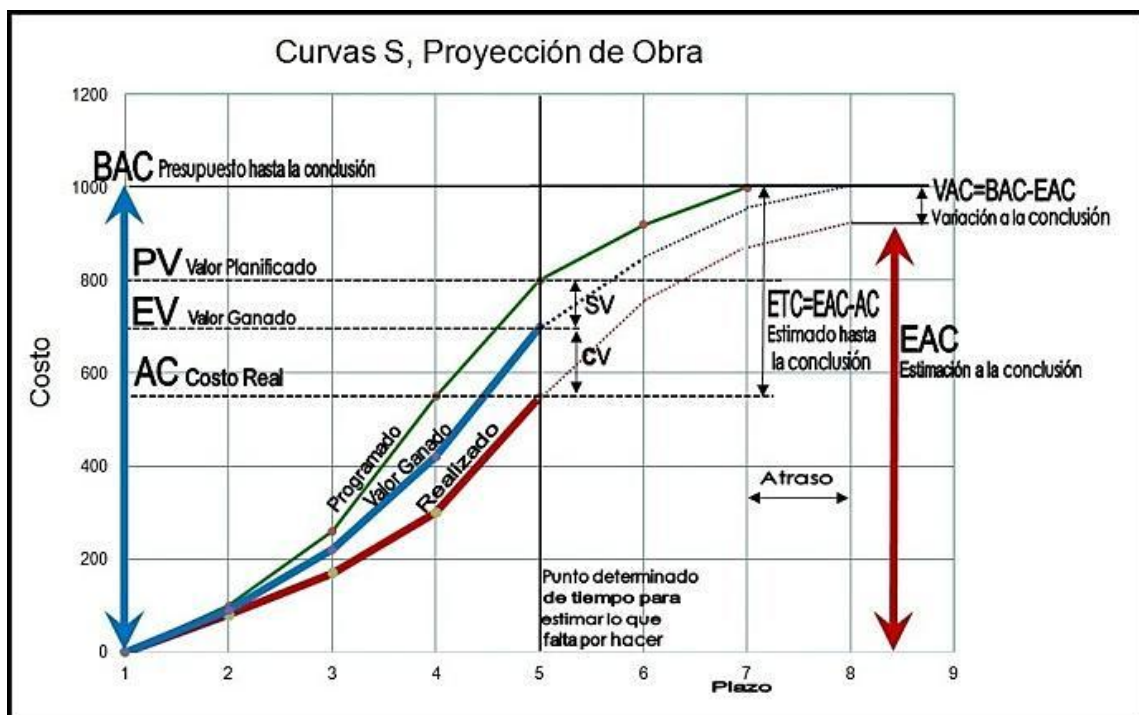
TERCERA FÓRMULA

Esta tercera fórmula considera el índice de rendimiento de costo **CPI**, y el índice de rendimiento de plazo **SPI**.

$$EAC = AC + \frac{(BAC - EV) \times SPI}{CPI}$$

CUARTA FÓRMULA

Es la más empleada, y se obtiene en función a las curvas S, de acuerdo a lo avanzado a la fecha, donde es posible efectuar una proyección del costo total al final de la obra, asumiendo que la obra se seguirá ejecutando con el ritmo actual.



$$\frac{EV}{BAC} = \frac{AC}{EAC}$$

Valor ganado al término de la obra / Costo realizado proyectado

$$EAC = \frac{Gasto Realizado \times BAC}{Valor Ganado} = \frac{AC \times BAC}{EV}$$

Este método aplica una simple regla de tres.

En el presente caso, mediante las valorizaciones al 5to mes, se tiene el **EV** (Valor ganado), y se sabe que a la culminación de la obra las valorizaciones deberán tener relación directa con el **BAC** (Presupuesto hasta la conclusión). Por otro lado conocemos lo gastado realmente en la obra que es el valor **AC** (Costo real), el cual tendrá relación directa al costo proyectado que deseamos conocer o estimar al final de la obra **EAC** (Estimación a la Conclusión).

Por lo tanto aplicando una regla de tres tenemos, que el **EV** (Valor Ganado) es al **BAC** (Presupuesto a la Conclusión), como el **AC** (Gasto realizado) es al **EAC** (Estimación a la Conclusión)

$$\frac{\text{EV}}{\text{Valor Ganado}} = \frac{\text{AC}}{\text{Gasto realizado}}$$

$$\frac{\text{BAC}}{\text{Valor ganado al término de la obra}} = \frac{\text{EAC}}{\text{Costo realizado proyectado}}$$

Donde el **EAC** (Costo Realizado Proyectado), será:

$$\text{EAC} = \frac{\text{Gasto Realizado} \times \text{BAC}}{\text{Valor Ganado}} = \frac{\text{AC} \times \text{BAC}}{\text{EV}}$$

FÓRMULA 2 IGUAL A LA FÓRMULA 4

De estas 4 fórmulas la 2da fórmula es exactamente igual a la 4ta fórmula.

Si en la 2da fórmula de cálculo $\text{EAC} = \text{AC} + (\text{BAC} - \text{EV}) / \text{CPI}$, reemplazamos el índice de costo $\text{CPI} = \text{EV} / \text{AC}$ (valor ganado/costo real), tenemos la 4ta fórmula de cálculo.

$$\text{EAC} = \text{AC} + \frac{\text{BAC} - \text{EV}}{\text{CPI}}$$

$$\text{EAC} = \text{AC} + \frac{\text{BAC} - \text{EV}}{\text{EV} / \text{AC}} = \text{AC} + \frac{\text{AC} (\text{BAC} - \text{EV})}{\text{EV}} = \text{AC} + \frac{\text{AC} \times \text{BAC}}{\text{EV}} - \frac{\text{EV}}{\text{EV}}$$

$$\text{EAC} = \frac{\text{AC} \times \text{BAC}}{\text{EV}}$$

Por lo tanto se tienen solo 3 fórmulas, con las cuales se va a efectuar la demostración, para determinar cuál es la mejor fórmula.

FÓRMULA 1	FÓRMULA 2	FÓRMULA 3
$EAC = AC + (BAC - EV)$	$EAC = \frac{AC \times BAC}{EV}$	$EAC = AC + \frac{(BAC - EV) \times SPI}{CPI}$

1.2 ESCENARIOS PARA EL ANÁLISIS

Existen 13 escenarios, que comparan el presupuesto programado, el valor ganado de las valorizaciones y lo gastado realmente en la obra, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

En base a estos 13 escenarios, se efectuará el análisis para determinar cuál de estas fórmulas cumple con la mayor cantidad de estos posibles escenarios.

Se está considerando en todos los escenarios un presupuesto de 1,000, el cuál se ha ordenado de menor a mayor en función al valor ganado y el gasto realizado.

ESCENARIOS	PRESUPUESTO PROGRAMADO PV BCWS	VALOR GANADO EV BCWP	GASTO REALIZADO AC ACWP	INDICES DE EFICIENCIA		OBSERVACIONES	
				PLAZO EV/PV SPI	COSTO EV/AC CPI		
				1	1,000		
2	1,000	800	900	0.80	0.89	Atraso	Sobrecosto
3	1,000	900	900	0.90	1.00	Atraso	Programado
4	1,000	1,000	900	1.00	1.11	Programado	Buen costo
5	1,000	1,100	900	1.10	1.22	Adelanto	Buen costo
6	1,000	900	1,000	0.90	0.90	Atraso	Sobrecosto
7	1,000	1,000	1,000	1.00	1.00	Programado	Programado
8	1,000	1,100	1,000	1.10	1.10	Adelanto	Buen costo
9	1,000	900	1,100	0.90	0.82	Atraso	Sobrecosto
10	1,000	1,000	1,100	1.00	0.91	Programado	Sobrecosto
11	1,000	1,100	1,100	1.10	1.00	Adelanto	Programado
12	1,000	1,200	1,100	1.20	1.09	Adelanto	Buen costo
13	1,000	1,100	1,200	1.10	0.92	Adelanto	Sobrecosto

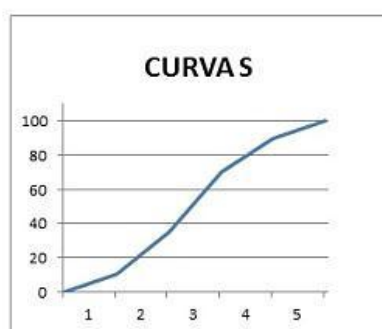
Aquí en el índice de plazo SPI, valores menores que 1 indican un atraso y valores mayores que 1 indican un adelanto, en cuanto al índice de costo CPI, valores menores que 1 indican un sobrecosto y valores mayores que 1 indican que se tiene buen costo.

Se podrá pensar que los valores del valor ganado no son correctos, debido a que al final de la obra estos valores deberán ser iguales al presupuesto programado, pero en realidad durante la ejecución de un proyecto, antes de la última valorización existe un adelanto o retraso de la obra, como también una ganancia o sobre costo, y nuestro análisis para una obra de 5 meses de duración, solo se efectuará hasta el 4to mes, esto es hasta la 4ta valorización.

Vamos a suponer que para el plazo de ejecución de 5 meses y los avances mensuales son 10%, 25%, 35%, 20% y 10%.

En base a estos avances mensuales, se tiene los avances acumulados que nos generarán las Curva S.

	MESES					TOTAL
	1	2	3	4	5	
AVANCES MENSUALES %	10	25	35	20	10	100
AVANCES ACUMULADOS	10	35	70	90	100	



La metodología para determinar cuál es la mejor fórmula, será aplicar estos porcentajes de avances mensuales a cada uno de los escenarios para las 3 fórmulas.

1.3 PROYECCIÓN COSTO FINAL: FÓRMULA 1

ESCENARIOS	PRESUPUESTO PROGRAMADO	VALOR GANADO	GASTO REALIZADO	PV					EV					AC					PROYECCIÓN COSTO FINAL FÓRMULA 1			
	PV	EV	AC	MESES					MESES					MESES					Con valores del mes			
	BCWS	BCWP	ACWP	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	1,000	900	800	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	80	280	560	720	800	990	965	930	910
2	1,000	800	900	100	350	700	900	1,000	80	280	560	720	800	90	315	630	810	900	1,010	1,035	1,070	1,090
3	1,000	900	900	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	90	315	630	810	900	1,000	1,000	1,000	1,000
4	1,000	1,000	900	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	990	965	930	910
5	1,000	1,100	900	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	90	315	630	810	900	980	965	930	820
6	1,000	900	1,000	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	100	350	700	900	1,000	1,010	1,035	1,070	1,090
7	1,000	1,000	1,000	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
8	1,000	1,100	1,000	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	100	350	700	900	1,000	990	965	930	910
9	1,000	900	1,100	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	110	385	770	990	1,100	1,020	1,070	1,140	1,180
10	1,000	1,000	1,100	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	1,010	1,035	1,070	1,090
11	1,000	1,100	1,100	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	110	385	770	990	1,100	1,000	1,000	1,000	1,000
12	1,000	1,200	1,100	100	350	700	900	1,000	120	420	840	1,080	1,200	110	385	770	990	1,100	990	965	930	910
13	1,000	1,100	1,200	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	120	420	840	1,080	1,200	1,010	1,035	1,070	1,090

En este cuadro para los 13 escenarios, se tienen los valores del presupuesto programado, el valor ganado y el gasto realizado.

De acuerdo al porcentaje de avance mensual de 10%, 25%, 35%, 20% y 10%, se han colocado los avances acumulados, en el presupuesto programado **PV**, en el valor ganado **EV**, y en el gasto realizado **AC**, los que originarán sus respectivas Curvas S.

Aplicando la fórmula 1, se tienen las proyecciones del costo final, esto es con los valores obtenidos en el primer mes se obtiene la primera proyección del costo final, cuando se efectúe la 2da valorización se obtendrá la segunda proyección del costo final, y así sucesivamente hasta la ejecución del 4to mes, que dará la 4ta proyección de costo final.

Aquí se observa cómo va variando la proyección del costo final mes a mes para los 13 escenarios en estudio.

1.4 PROYECCIÓN COSTO FINAL: FÓRMULA 2

ESCENARIOS	PRESUPUESTO PROGRAMADO PV BCWS	VALOR GANADO EV BCWP	GASTO REALIZADO AC ACWP	PV					EV					AC					PROYECCIÓN COSTO FINAL FÓRMULA 2			
				MESES					MESES					MESES					Con valores del mes			
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	1,000	900	800	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	80	280	560	720	800	889	889	889	889
2	1,000	800	900	100	350	700	900	1,000	80	280	560	720	800	90	315	630	810	900	1,125	1,125	1,125	1,125
3	1,000	900	900	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	90	315	630	810	900	1,000	1,000	1,000	1,000
4	1,000	1,000	900	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	900	900	900	900
5	1,000	1,100	900	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	90	315	630	810	900	818	818	818	818
6	1,000	900	1,000	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	100	350	700	900	1,000	1,111	1,111	1,111	1,111
7	1,000	1,000	1,000	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
8	1,000	1,100	1,000	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	100	350	700	900	1,000	909	909	909	909
9	1,000	900	1,100	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	110	385	770	990	1,100	1,222	1,222	1,222	1,222
10	1,000	1,000	1,100	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
11	1,000	1,100	1,100	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	110	385	770	990	1,100	1,000	1,000	1,000	1,000
12	1,000	1,200	1,100	100	350	700	900	1,000	120	420	840	1,080	1,200	110	385	770	990	1,100	917	917	917	917
13	1,000	1,100	1,200	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	120	420	840	1,080	1,200	1,091	1,091	1,091	1,091

Efectuando el mismo procedimiento para la fórmula 2, se obtienen también las diferentes proyecciones del costo final de obra por cada valorización y por cada escenario.

Con esta fórmula se observa que las proyecciones del costo final son exactamente iguales para cada escenario.

Esto se debe a que los valores **AC** (costo real) y **EV** (valor ganado) varían en la misma proporción mes a mes.

1.5 PROYECCIÓN COSTO FINAL: FÓRMULA 3

ESSENAARIOS	PRESUPUESTO PROGRAMADO PV BCWS	VALOR GANADO EV BCWP	GASTO REALIZADO AC ACWP	PV					EV					AC					SPI EV/PV	CPI EV/AC	PROYECCIÓN COSTO FINAL FÓRMULA 3			
				MESES					MESES					MESES							Con valores del mes			
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			1	2	3	4
1	1,000	900	800	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	80	280	560	720	800	0.90	1.13	808	828	856	872
2	1,000	800	900	100	350	700	900	1,000	80	280	560	720	800	90	315	630	810	900	0.80	0.89	918	963	1,026	1,062
3	1,000	900	900	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	90	315	630	810	900	0.90	1.00	909	932	963	981
4	1,000	1,000	900	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	1.00	1.11	900	900	900	900
5	1,000	1,100	900	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	90	315	630	810	900	1.10	1.22	891	869	837	819
6	1,000	900	1,000	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	100	350	700	900	1,000	0.90	0.90	1,010	1,035	1,070	1,090
7	1,000	1,000	1,000	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	1.00	1.00	1,000	1,000	1,000	1,000
8	1,000	1,100	1,000	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	100	350	700	900	1,000	1.10	1.10	990	965	930	910
9	1,000	900	1,100	100	350	700	900	1,000	90	315	630	810	900	110	385	770	990	1,100	0.90	0.82	1,111	1,139	1,177	1,199
10	1,000	1,000	1,100	100	350	700	900	1,000	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	1.00	0.91	1,100	1,100	1,100	1,100
11	1,000	1,100	1,100	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	110	385	770	990	1,100	1.10	1.00	1,089	1,062	1,023	1,001
12	1,000	1,200	1,100	100	350	700	900	1,000	120	420	840	1,080	1,200	110	385	770	990	1,100	1.20	1.09	1,078	1,023	946	902
13	1,000	1,100	1,200	100	350	700	900	1,000	110	385	770	990	1,100	120	420	840	1,080	1,200	1.10	0.92	1,188	1,158	1,116	1,092

Efectuando el mismo procedimiento para la fórmula 3, se obtienen las proyecciones del costo final de obra por cada valorización y por cada escenario.

Aquí se han incluido los índices de plazo SPI y los índices de costo CPI.

1.6 CUADRO COMPARATIVO DE LAS PROYECCIONES CON LAS 3 FÓRMULAS

Se van a comparar las tres fórmulas para determinar cuál es la más adecuada en todos los escenarios.

ESSENAARIOS	PRESUPUESTO PROGRAMADO PV BCWS	VALOR GANADO EV BCWP	GASTO REALIZADO AC ACWP	PROYECCIÓN CON MES 1			PROYECCIÓN CON MES 2			PROYECCIÓN CON MES 3			PROYECCIÓN CON MES 4		
				FÓRMULAS			FÓRMULAS			FÓRMULAS			FÓRMULAS		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1000	900	800	990	889	808	965	889	828	930	889	856	910	889	872
2	1000	800	900	1,010	1,125	918	1,035	1,125	963	1,070	1,125	1,026	1,090	1,125	1,062
3	1000	900	900	1,000	1,000	909	1,000	1,000	932	1,000	1,000	963	1,000	1,000	981
4	1000	1000	900	990	900	900	965	900	900	930	900	900	910	900	900
5	1000	1100	900	980	818	891	930	818	869	860	818	837	820	818	819
6	1000	900	1000	1,010	1,111	1,010	1,035	1,111	1,035	1,070	1,111	1,070	1,090	1,111	1,090
7	1000	1000	1000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
8	1000	1100	1000	990	909	990	965	909	965	930	909	930	910	909	910
9	1000	900	1100	1,020	1,222	1,111	1,070	1,222	1,139	1,140	1,222	1,177	1,180	1,222	1,199
10	1000	1000	1100	1,010	1,100	1,100	1,035	1,100	1,100	1,070	1,100	1,100	1,090	1,100	1,100
11	1000	1100	1100	1,000	1,000	1,089	1,000	1,000	1,062	1,000	1,000	1,023	1,000	1,000	1,001
12	1000	1200	1100	990	917	1,078	965	917	1,023	930	917	946	910	917	902
13	1000	1100	1200	1,020	1,091	1,188	1,035	1,091	1,158	1,060	1,091	1,116	1,080	1,091	1,092
CANTIDAD DE ESCENARIOS MÁS APROXIMADOS				3	3	13	3	3	13	5	3	11	5	4	10

Este cuadro presenta los 13 escenarios, y para las 3 fórmulas se tienen las proyecciones calculadas con los resultados obtenidos en el 1er mes, 2do mes, 3er mes y 4to mes.

Se observa que la proyección del costo con los resultados obtenidos en el 1er y 2do mes, la fórmula 3 es la que más se aproxima en los 13 escenarios.

Con la proyección del costo con los resultados del 3er mes, la fórmula 3 cumple en 11 de los escenarios, donde la 1ra fórmula tiene mejor precisión en los escenarios 5 y 9, sin embargo los valores en verde de la fórmula 3, también son bastante aceptables.

Y estando en el 4to mes de ejecución de la obra, la fórmula 3 cumple con 10 de los escenarios en estudio, donde la fórmula 3 no es la más precisa en los escenarios 5, 9 y 12, siendo los valores en verde de la fórmula 3 también muy aceptables.

1.7 LA MEJOR FÓRMULA

Por lo tanto hemos demostrado que aplicando la 3da fórmula, que es la única que considera los índices de rendimiento de plazo SPI y del costo CPI, se puede predecir con mayor exactitud el costo final en la mayoría de los escenarios, siendo esta fórmula la que recomendamos emplear en todo proyecto para la estimación del costo al que se llegaría al final del proyecto.

FÓRMULA 3
$EAC = AC + \frac{(BAC - EV) \times SPI}{CPI}$

1.8 PROYECCIÓN DEL COSTO FINAL EN ConstrucSoft Valor Ganado

El sistema **ConstrucSoft Valor Ganado**, obtiene en el Control de Obra, la proyección del costo al final de la obra con el respectivo cálculo de las 3 fórmulas, permitiendo identificar la problemática de la obra, por cada una de las fases de control, en base a las siguientes formulaciones:

- Se está gastando más de lo previsto.
- Existe un retraso de obra a causa de rendimientos.
- No se está logrando una producción eficiente.
- Existió un error al planificar la obra.
- Que otras causas complican el avance de la obra.

PROYECCIÓN DE OBRA	
	S/.
Presupuesto Total (BAC)	497,602.28
Costo Realizado (AC)	74,598.36
Valor Ganado (EV)	72,448.86
FORMAS DE CÁLCULO	
	S/.
1. $EAC = AC + (BAC - EV)$	499,751.78
2. $EAC = AC \times BAC / EV$	512,365.74
3. $EAC = AC + (BAC - EV) / CPI \times SPI$	622,476.48



1.9 RECOMENDACIONES

Recomendamos hacer de **ConstrucSoft Valor Ganado**, el mejor aliado de su empresa, y no permita que otras empresas hagan las obras por Usted.

Sugerimos visitar www.construcsoft.com donde encontrarán los **VIDEOS DE CONSTRUCSOFT**, en los cuales se han desarrollado temas referentes a análisis de precios unitarios, presupuestos, programación, valorización, faseo y control económico de obra.



Haga de **ConstrucSoft** Valor Ganado
El mejor aliado de su empresa

VER TODOS LOS VÍDEOS DE ConstrucSoft

<https://todoslosvideosconstrucsoft.blogspot.com>

Allí también podrán descargar el **Libro del Presupuesto Civil Valor Ganado**, como también el sistema **ConstrucSoft Gratis** que les permitirá presupuestar sus obras.



<http://softwaregratispresupuestos.blogspot.com>

Ing. Gilberto León Ruiz
Autor del presente artículo
Autor de los Sistemas ConstrucSoft

www.construcsoft.com
construcsoft@gmail.com

Lima- Perú
2022