

# Conferencia PMI-Lima 28 de Marzo 2008

## GERENCIA DE PROYECTOS CON MSPROJECT 2007



**EXPOSITOR: Ing. Walter Rodríguez Castillejo**

**INGENIERO CIVIL-FIC-UNI-CIP 16266-PMI 1140610-CTTP 581**

**Candidato a Doctor en Gerencia de Construcción**

**Maestría en Gerencia de Proyectos**

**Profesor del Departamento de Construcción de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería**

**Profesor en Maestría de Administración y Gestión de la Construcción en la Universidad Nacional San Luis Gonzaga –Ica.**

**Conferencista en Congresos del PMI en Río de Janeiro (2003), Bogotá (2004), Panamá (2005), Santiago de Chile (2006), Sao Paulo (Agosto 2008)**

**Conferencista en Congresos del PIDEDEC : Montreal (2006) y Guadalajara (2007)**

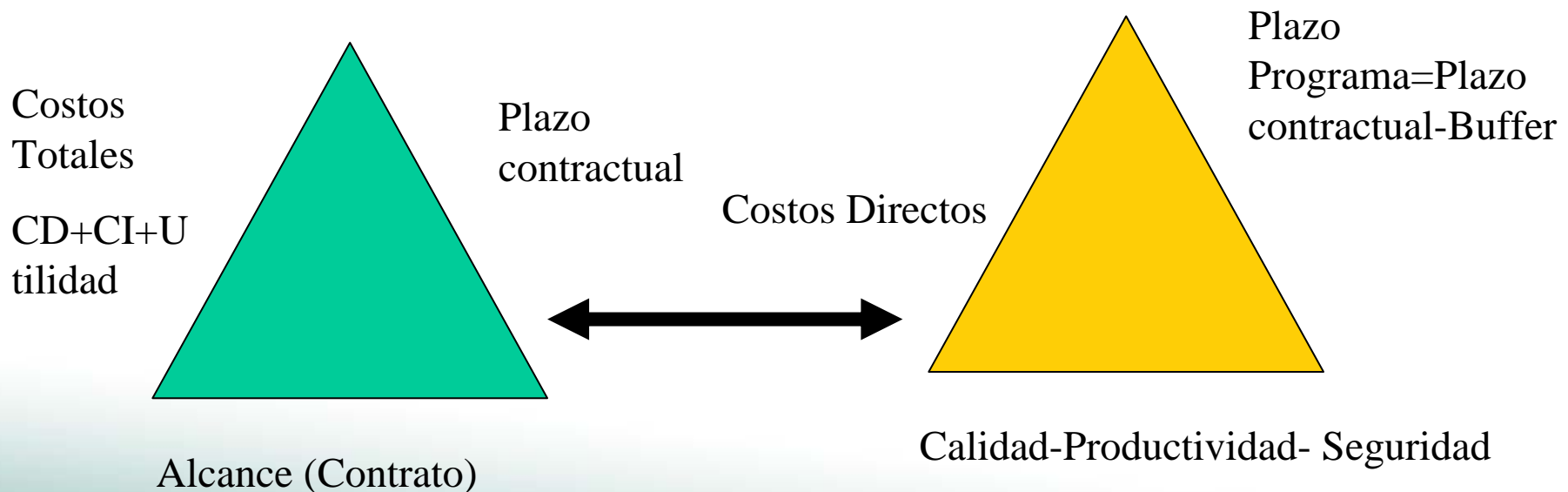
**PMI**  
**Global Congress**  
**LATIN AMERICA 2008**

“PMI” is a registered trade and service mark of the Project Management Institute, Inc.

©2008 Permission is granted to PMI for Congress attendee use only

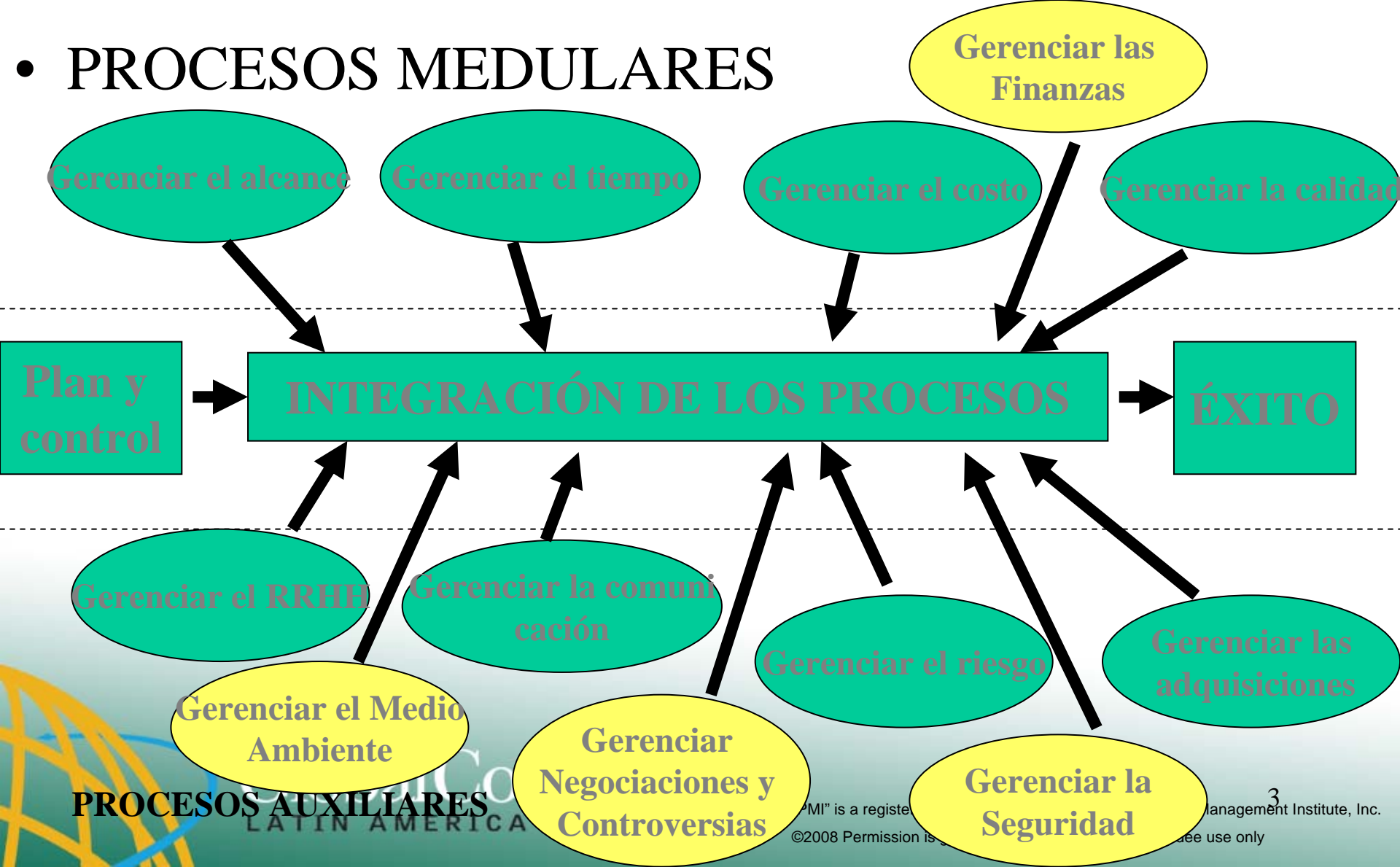
# GERENCIA DE PROYECTOS Y GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN

- Gerencia de Proyectos vs G. de Producción



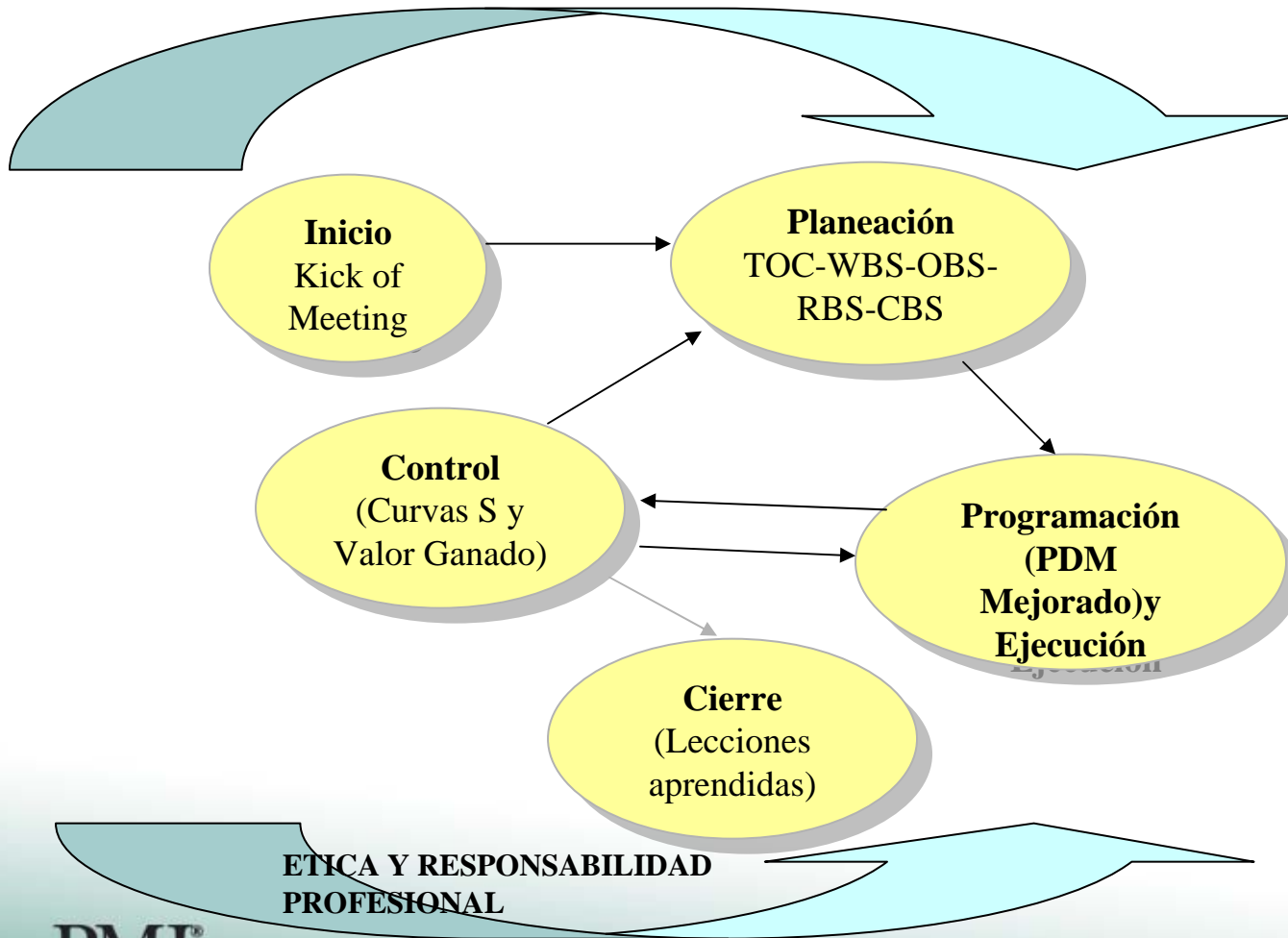
# PROCESOS MEDULARES( BASE) Y FACILITADORES( AUXILIARES) DE LA GERENCIA DE PROYECTOS (PMI)

- PROCESOS MEDULARES



PROCESOS AUXILIARES

# GRUPOS DE PROCESOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS EN CONSTRUCCION



**PMI**

**LAS FLECHAS REPRESENTAN FLUJO DE INFORMACIÓN**

Global Congress  
LATIN AMERICA 2008

wrcastillejo@terra.com.pe

PMI is a registered trade and service mark of the Project Management Institute, Inc.

©2008 Permission is granted to PMI for Congress attendee use only

# PLANIFICACION CON TOC

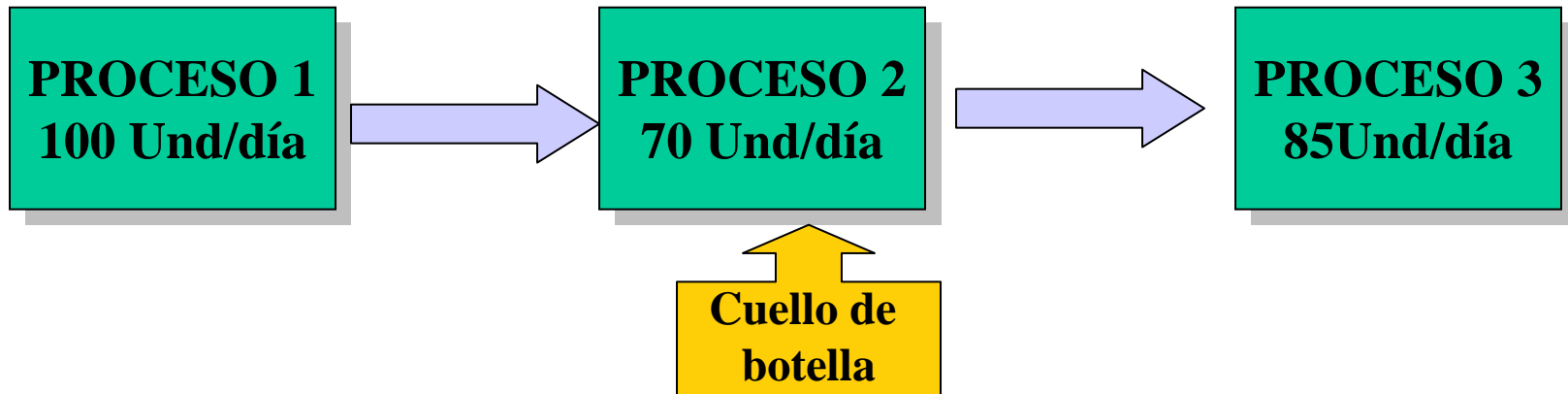


PMI<sup>®</sup>  
Global Congress  
LATIN AMERICA 2008

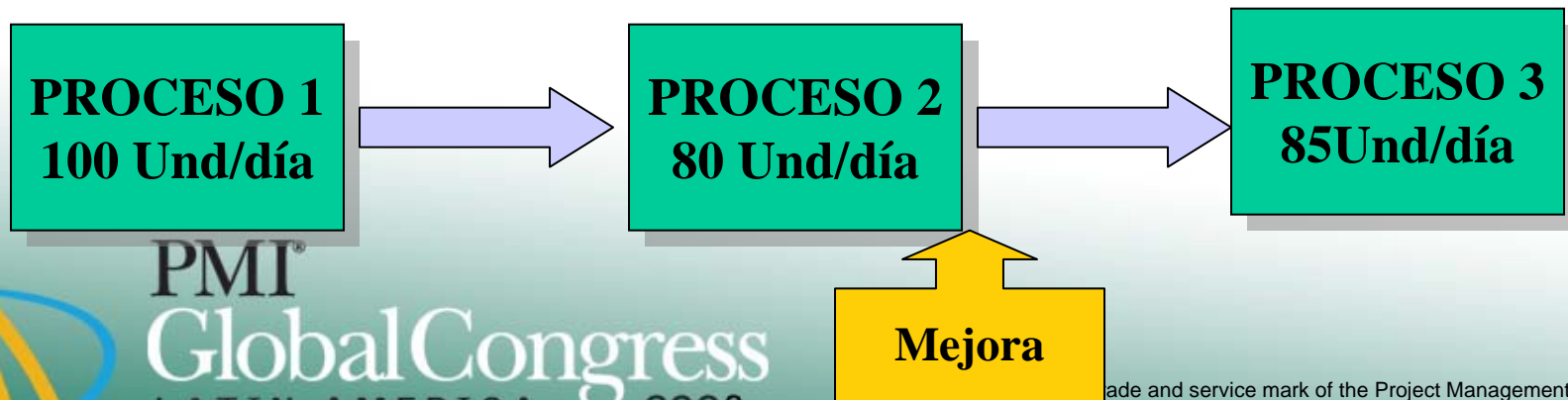
"PMI" is a registered trade and service mark of the Project Management Institute, Inc.  
©2008 Permission is granted to PMI for Congress attendee use only

# TEORÍA DE RESTRICCIONES

## • 1.-IDENTIFICAR LA RESTRICCIÓN

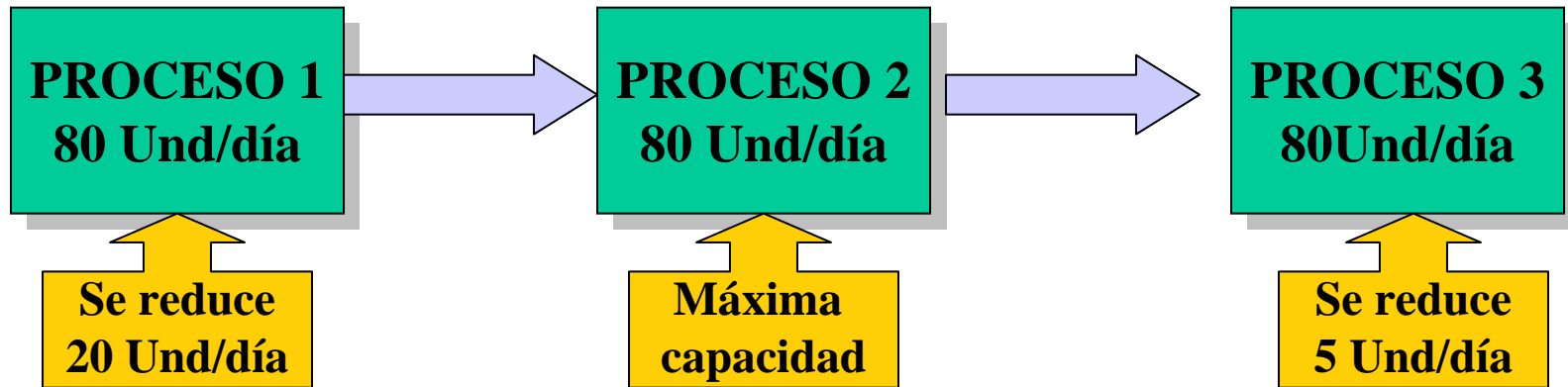


## 2.- EXPLOTAR LA RESTRICCIÓN



# TEORÍA DE RESTRICCIONES

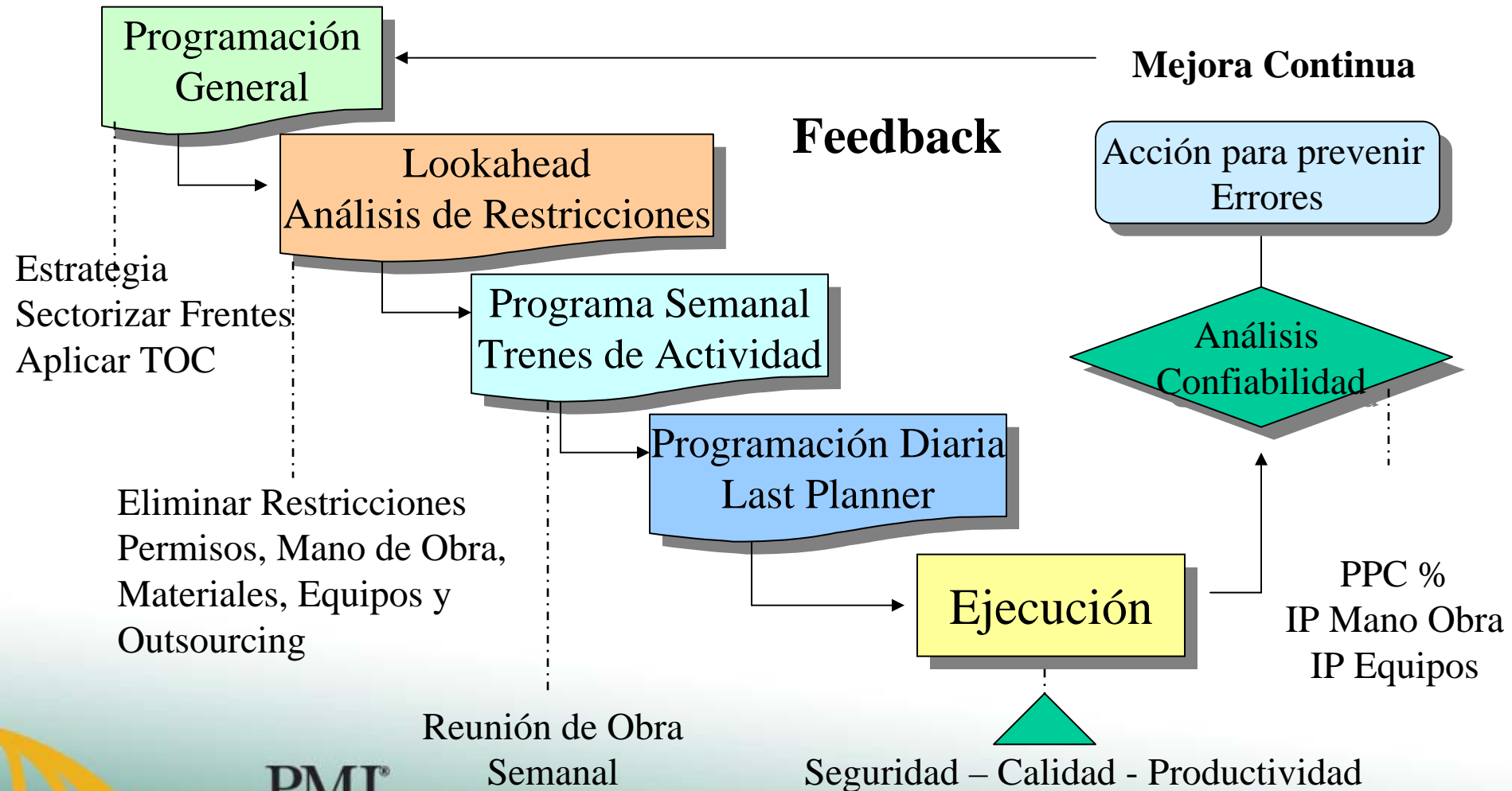
- 3.-SUBORDINAR LOS PROCESOS A LA RESTRICCIÓN.

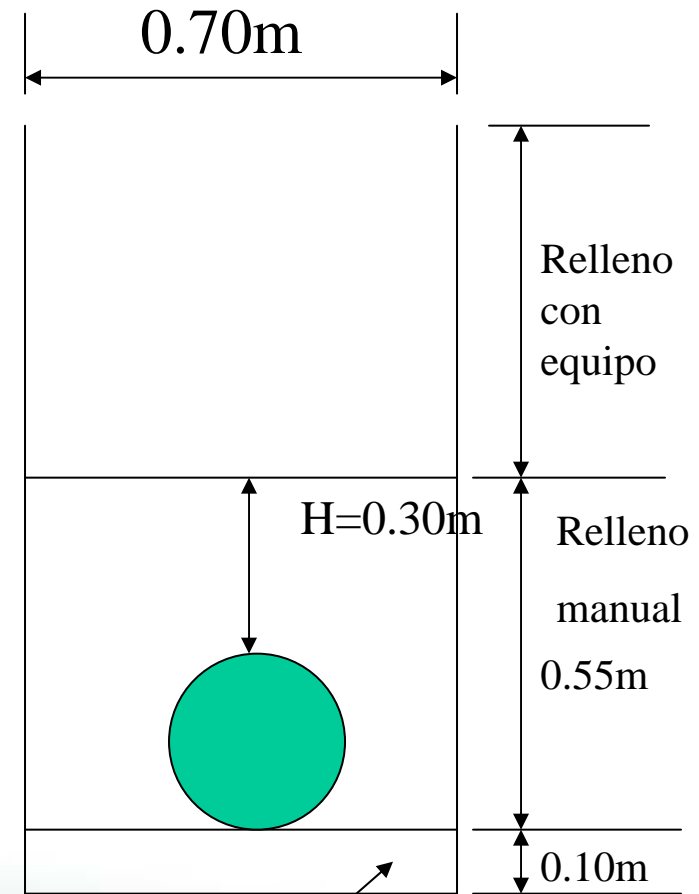


- 4.- ELEVAR LA RESTRICCIÓN (Después de un cierto tiempo)



# RELACIÓN DE LA PROGRAMACION GENERAL CON EL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DE OBRA



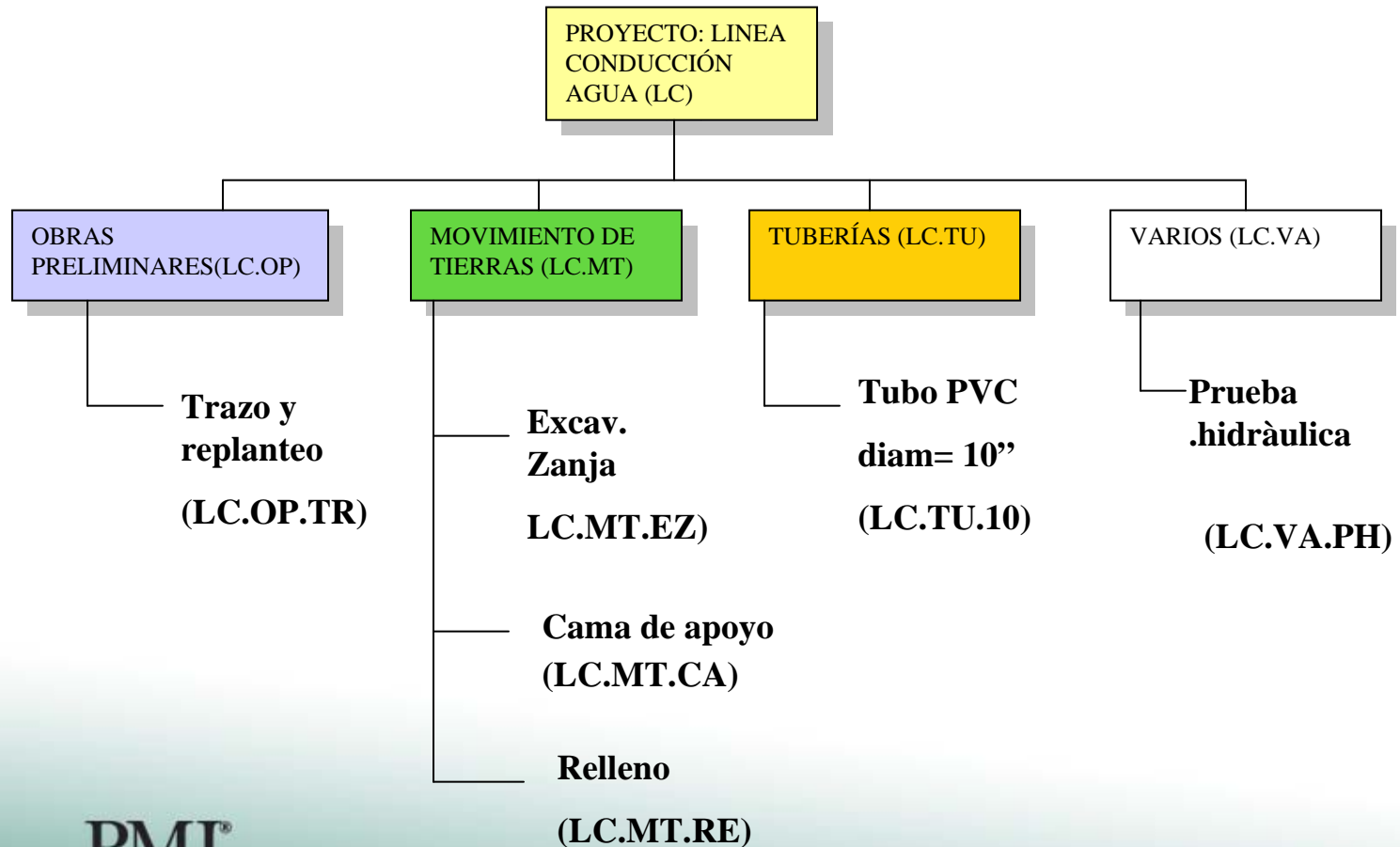


Cama de apoyo

# METODOLOGÍA

- **PRIMER PASO: CONVERTIR DÍAS ÚTILES A DÍAS CALENDARIO**
- Como un mes = 30 días calendario/25 días útiles, luego Factor de Conversión de días Calendarios a días útiles = 1.20
- Entonces, los 175 días calendario se convierten en  $175/1.20 = 146$  días útiles útiles.
- **SEGUNDO PASO: DETERMINAR EL BUFFER O AMORTIGUADOR DE PLAZO DEL PROYECTO.**
- Nunca debe programarse al filo de la navaja, si no debe considerarse un colchón o amortiguador de plazo (Goldratt).
- Para efectos prácticos en construcción, fijamos el buffer definiendo un rango:
- 10% de 146 = 15 du (días útiles)
- 20% de 146 = 29 du.
- El Gerente de Proyecto de la Construcción debe decidir, el buffer; en este caso se eligió 29 días.

# TERCER PASO: ELABORAR LA WBS DEL PROYECTO



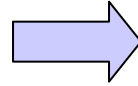
# CUARTO PASO: DETERMINAR LA ACTIVIDAD MÁS RESTRICTIVA.(PRIMER PASO DE TOC: IDENTIFICAR LA RESTRICCIÓN)

- En construcción, la actividad más restrictiva corresponde a la actividad que requiere mayor trabajo (expresado en Horas-Hombre: HH).
- Simplificadamente, las partidas del Presupuesto Ofertado es el siguiente:

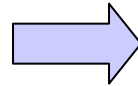
DESCRIPCIÓN	UND	CANT	CD(S/.)	Cap	Op.	Pe	Retro	Com	Cist.	Ru	Rend	HH
LÍNEA DE COND.												
OBRAS PRELIM.												
Trazo y replanteo	m	10 000	5 000	0.3	1	2				1000	0.0264	264
MOV. TIERRAS												
Excav. zanja	m3	7 200	129 600	0.17	0.7	1	0.7			72	0.2078	1496
Cama de apoyo	m2	6 000	18 000	0.40	1	3				60	0.5867	3520
Relleno	m3	6 093	213 255	0.54	1.7	3.7	0.3	1	0.40	10	4.7520	28954
TUBERÍAS												
Colocación tubo	m	10 000	800 000	0.40	1	3				60	05867	5867
VARIOS												
Prueba hidráulica	m	10 000	30 000	0.36	1.8	1.8				100	0.3168	3168
TOTALES			1 195 855									43269



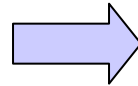
$R_u$  = Producción de la Cuadrilla unitaria ( dato )



Cantidad por ejecutar de cada tarea ( dato )



Cuadrilla unitaria ( mano de obra, materiales, equipo, son datos del análisis de costos unitarios )



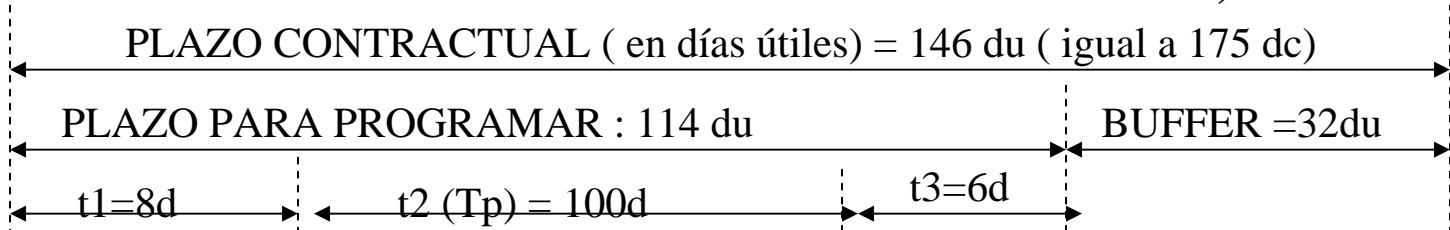
1) Rendimiento (R) = Inversa de la Productividad (P)

$R = R_u / (N^{\circ} \text{ Hombres} \times \text{Jornada})$   
Jornada = 8 horas/día

Trabajo ( $N^{\circ} \text{ HH}$ ) =  $R * \text{Cantidad}$

HH = horas - hombre

# QUINTO PASO: DEFINIR LA DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD MÁS RESTRICTIVA (SEGUNDO PASO DE LA TOC: EXPLOTAR LA RESTRICCIÓN)



Descripción				
Restricciones de inicio				
Trazo y replanteo				
Excavación	CC			
Cama de apoyo	CC			
Colocación tubos PVC 10"	CC			
RELLENO (Act, restrictiva)	CC			
Restricciones de fin				FF+6d
Prueba hidráulica	2	2	2	2



# SEXTO PASO: SUBORDINAR TODAS LAS DURACIONES ( $T_p$ ) DE TODAS LAS TAREAS A LA DURACIÓN( $T_p$ ) DE LA TAREA RESTRICTIVA.

## PASO I

Tiempos unitarios  
 $T_u$

## PASO II

Tiempo de Programa ( $T_p$ )  
(Duración de tareas)

## PASO III

$f$  (Nº de  
cuadrillas de trabajo)

## PASO IV

RECURSOS DIARIOS  
 $R_d$

$T_u = \text{Cantidad} / R_u$   
Donde  $R_u =$  Producción  
diaria de cuadrilla unitaria.

Se compara  $T_u$  de cada tarea con  $T_p$  de  
tarea restrictiva:

- 1) Si  $T_u < T_p$  (de tarea restrictiva),  
entonces  $T_p$  de cualquier tarea es  
igual a su  $T_u$ .
- 2) Si  $T_u > T_p$  (de TR), entonces  $T_p$   
De cualquier tarea es máximo  $T_p$  de TR.

$$f = T_u / T_p$$

$$R_d = f \times \text{Recursos unitarios}$$

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	CD(S/.)	Cap	Op.	Pe	Retro	Com	Cist.	Ru	Tu	TP	f
LÍNEA DE COND.													
OBRAS PRELIM.													
Trazo y replanteo	m	10 000	5 000	0.3	1	2				1000	10	10	1
MOV. TIERRAS													
Excav. zanja	m3	7 200	129 600	0.17	0.7	1	0.7			72	100	100	1
Cama de apoyo	m2	6 000	18 000	0.40	1	3				60	100	100	1
Relleno	m3	6 093	213 255	0.54	1.7	3.7	0.3	1	0.40	10	609	100	6.09
TUBERÍAS													
Colocación tubo	m	10 000	800 000	0.40	1	3				60	167	100	1.67
VARIOS													
Prueba hidráulica	m	10 000	30 000	0.36	1.8	1.8				100	100	100	1
TOTALES			1 195 855	<b>RECURSOS UNITARIOS</b>									

**SEXTO PASO: SUBORDINAR LAS DURACIONES DE LAS TAREAS O PROCESOS A LA DURACIÓN DE LA TAREA RESTRICTIVA ( TERCER PASO DE LA TOC)**

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	CD(S/.)	Cap	Op.	Pe	Retro	Com	Cist.	Ru	Tu	Tp	f
LÍNEA DE COND.													
OBRAS PRELIM.													
Trazo y replanteo	m	10 000	5 000	0.3	1	2				1000	10	10	1
MOV. TIERRAS													
Excav. zanja	m3	7 200	129 600	0.17	0.7	1	0.7			72	100	100	1
Cama de apoyo	m2	6 000	18 000	0.40	1	3				60	100	100	1
Relleno	m3	6 093	213 255	3.29	10.35	22.53	1.83	6.09	2.44	10	609	100	6.09
TUBERÍAS													
Colocación tubo	m	10 000	800 000	0.67	1.67	5.01				60	167	100	1.67
VARIOS													
Prueba hidráulica	m	10 000	30 000	0.36	1.8	1.8				100	100	100	1
TOTALES			1 195 855	<b>RECURSOS DIARIOS</b>									

**SEXTO PASO: SUBORDINAR LAS DURACIONES DE LAS TAREAS O PROCESOS A LA DURACIÓN DE LA TAREA RESTRICTIVA ( TERCER PASO DE LA TOC)**

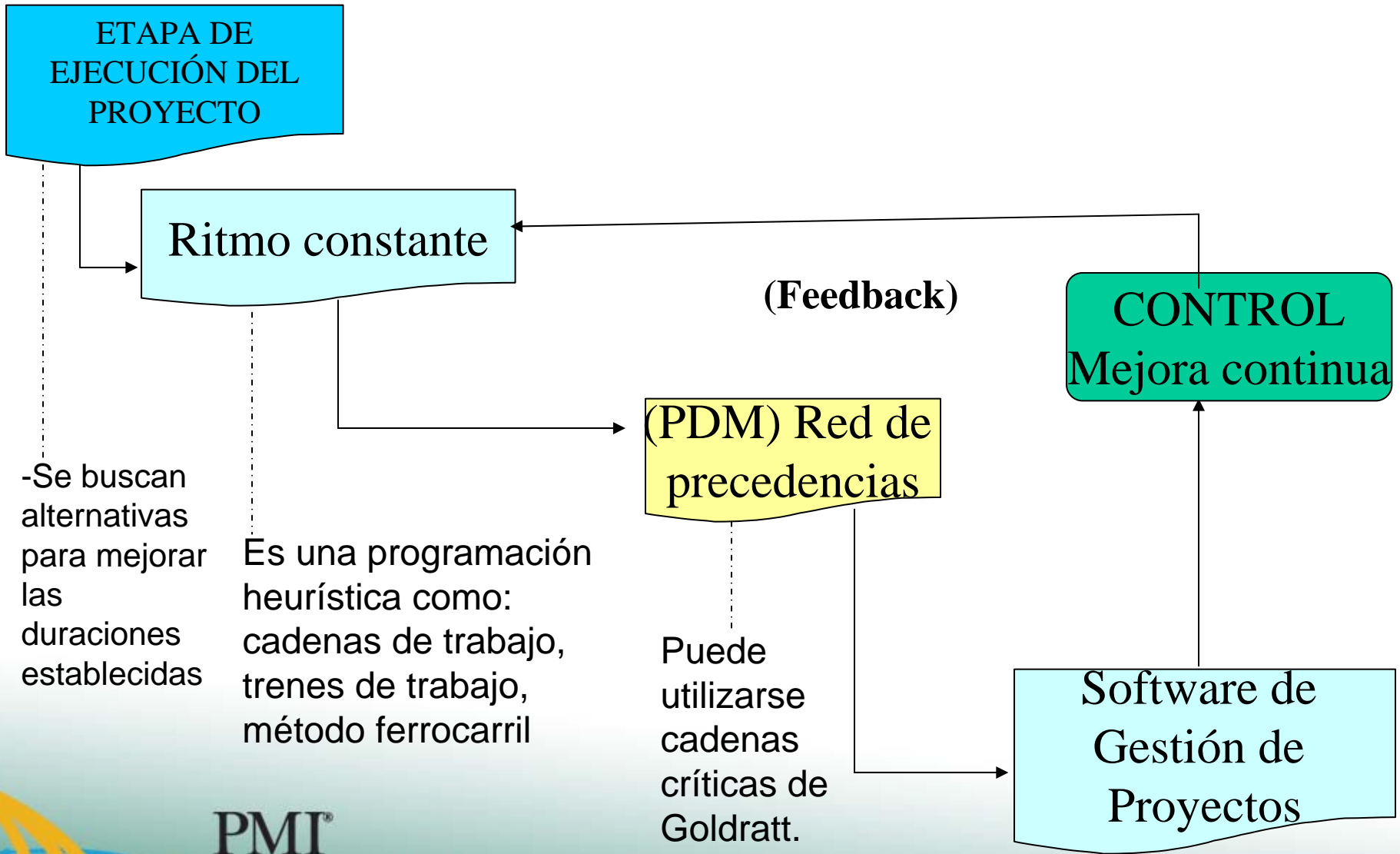
# PROGRAMACION



PMI<sup>®</sup>  
Global Congress  
LATIN AMERICA 2008

"PMI" is a registered trade and service mark of the Project Management Institute, Inc.  
©2008 Permission is granted to PMI for Congress attendee use only

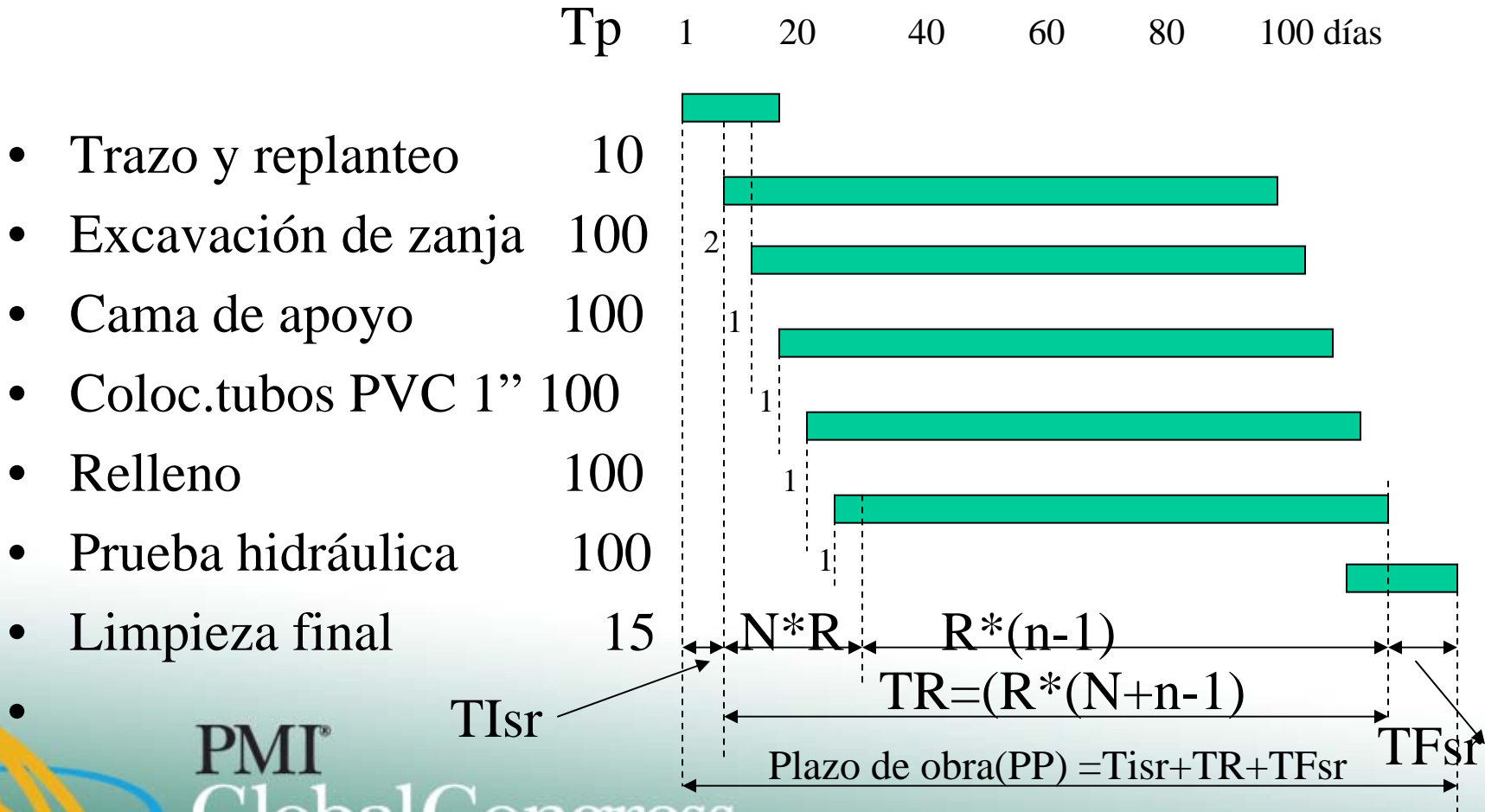
# SÉTIMO PASO: ELEVAR LA RESTRICCIÓN



# SÉTIMO PASO: ELEVAR LA RESTRICCIÓN

## (Empleo de la Programación a ritmo constante)

- DESCRIPCIÓN



# SETIMO PASO: ELEVAR LA RESTRICCIÓN (Empleo de la Programación a ritmo constante)

## PASO I

Tiempos de programa  
 $T_p = 100$  días

## PASO II

Escogemos el Ritmo ( R )

## PASO III

Elaboramos  
matriz  $k \times R$

## PASO IV

Escogemos el plazo TR ( el que esta mas cerca por defecto al plazo dado)

N= Número de actividades en ritmo

n=Número de unidades seriadas y/o tramos iguales.

m Número total de unidades seriadas o longitud total.

k=módulo escogido (Número de unidades o tramos por ejecutar por un valor R escogido)       $n = m/k$

T<sub>isr</sub> = Tiempo desde el inicio de la 1era. tarea ( sin ritmo) hasta el comienzo de la primera tarea en ritmo.

T<sub>Fsr</sub>=Tiempo desde el fin del plazo hasta el fin de la última tarea en ritmo.

El tiempo de programa de las actividades es el definido en la Hoja de Planificación y Programación

Ritmo R, es el tiempo común a un conjunto de actividades seriadas.

De fórmula:  $TR = R \cdot (N+n-1)$   
Empezamos a "tantear" R y k

Tener en cuenta que:  
 $PP = T_{isr} + TR + T_{Fsr}$

"PMI" is a registered trade and service mark of the Project Management Institute, Inc.

©2008 Permission is granted to PMI for Congress attendee use only

# Empleo de la Programación a ritmo constante

k	k1 = 50m	k2 = 100m	k3 = 200m
Ritmo			
R1 = 1 día	$Tr_{(11)} = 204$	$Tr_{(12)} = 104$	$Tr_{(13)} = 54$
R2 = 2 días	$Tr_{(21)} = 408$	$Tr_{(22)} = 208$	$Tr_{(23)} = 108$
R3 = 3 días	$Tr_{(31)} = 612$	$Tr_{(32)} = 312$	$Tr_{(33)} = 162$
R4 = 4 días	$Tr_{(41)} = 816$	$Tr_{(42)} = 416$	$Tr_{(43)} = 216$

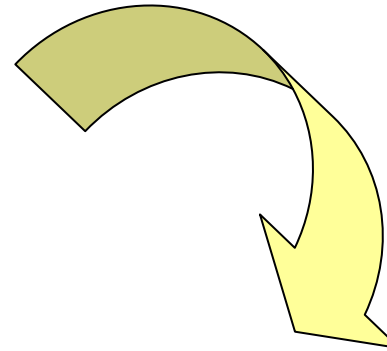
# SÉTIMO PASO: ELEVAR LA RESTRICCIÓN

## (Empleo de la Programación a ritmo constante)

- EN ESTE CASO LA COMBINACIÓN QUE SE AJUSTA AL PLAZO CONTRACTUAL ( DEDUCIDO EL BUFFER) TAL COMO SE PREDIMENSIONÓ EN LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN ES LA COMBINACIÓN DE RITMO 1 DÍA PARA TRAMOS DE 100METROS ( N° TOTAL DE TRAMOS = 100)
- PRIMER TANTEO:
- **Si  $k= 50$  m, luego:  $n = 10\ 000\text{m}/50$  m luego  $n= 200$  tramos seriados de 50 m cada tramo.**
- **Para  $R= 1$  día**
- **$TR=1\text{día}(5+200-1)$**
- **$TR=204$  días utiles**
  
- Siguiendo este procedimiento, definimos los TR (Duración total de todas las actividades en ritmo) de los otros casilleros que se muestran en la matriz anterior.
- **Plazo Reajustado Programado =  $T_{isr} + TR + T_{Fsr}$ :**
- **Plazo Reajustado Programado =  $2d + 104$  d**
- **Plazo Reajustado Programado = 106 días contra los 114 días del Predimensionamiento (PASO 4)**

# MÈTODU DE PRECEDENCIAS

CÒDIGU		
DESCRIPCION		
EARLY START (ES)	Tp	EARLY FINISH (EF)
LATE START (LS)	HOLGURA TOTAL (Ht)	LAST FINISH (LF)



FIN

COMIENZO

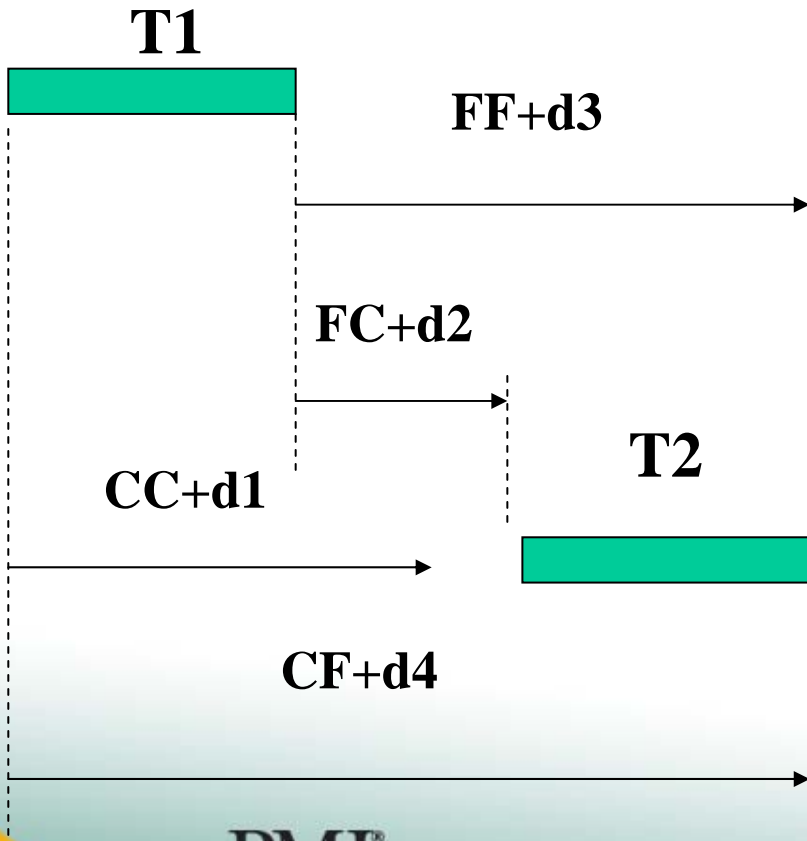
IDENTIFICADOR (Id)		
NOMBRE		
COMIENZO ANTICIPADO	DURACIÒN	FIN ANTICIPADO
LÌMITE DE COMIENZO	MARGEN DE DEMORA TOTAL	LÌMITE DE FINALIZACIÒN

FIN

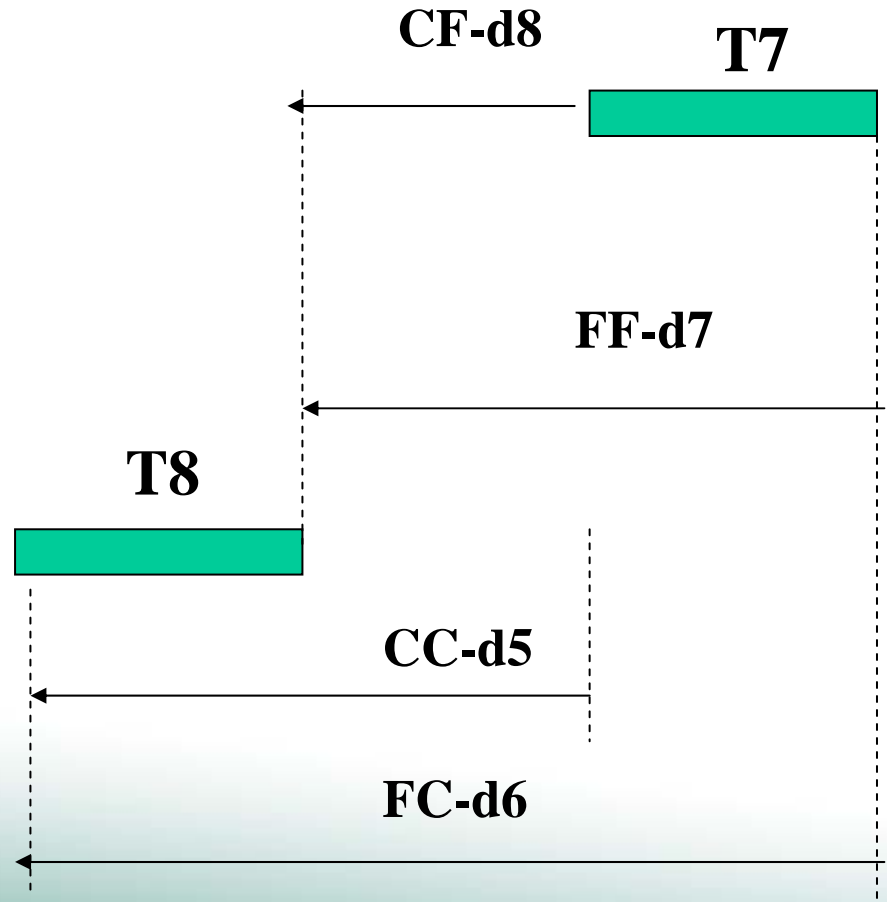
COMIENZO

# MÉTODO DE PRECEDENCIAS

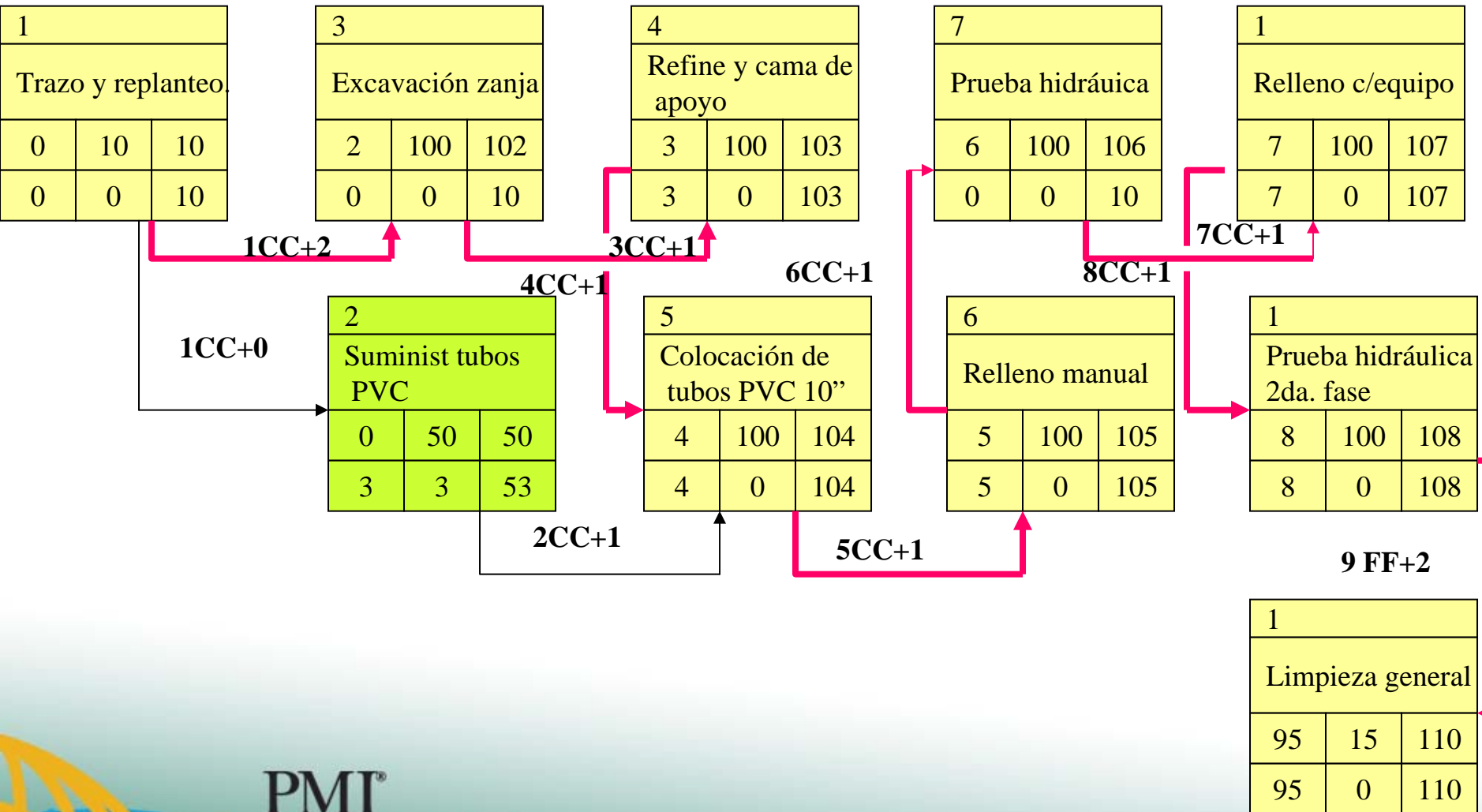
## • POSPOSICIÓN



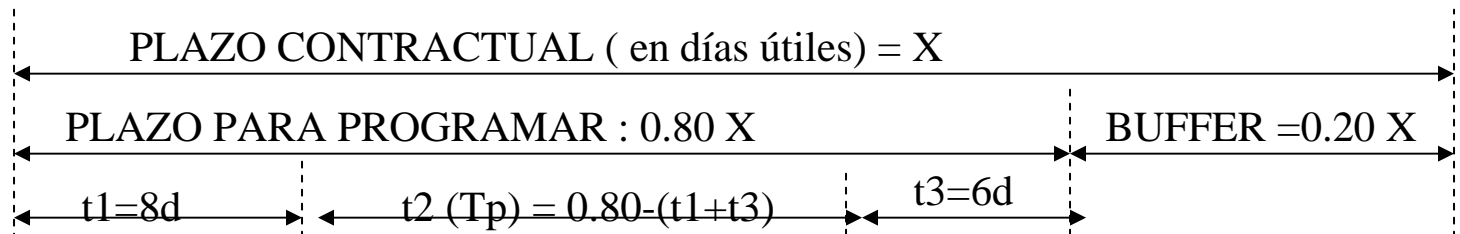
## ADELANTO



# Conversión del Programa a Ritmo constante en Diagrama de Precedencias (PDM)



# DETERMINACIÓN DEL PLAZO DE UN PROYECTO



Descripción				
Restricciones de inicio				
Trazo y replanteo				
Excavación		CC		
Cama de apoyo		CC		
Colocación tubos PVC 10"			CC	
RELLENO (Act, restrictiva)			CC	
Restricciones de fin				FF+6d
Prueba hidráulica	2	2	2	2



# METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL PLAZO DEL PROYECTO

1) DEFINIR TAMAÑO DEL BUFFER DEL PROYECTO

-Esta decisión corresponde al Gerente del Proyecto. Para obras varía de 10 a 20%.

2) Definir actividad restrictiva

Se debe calcular el N° de horas-hombre por cada tarea y escoger como restricción la tarea que tenga mayor N° horas-hombre.

6) Definimos t2 y resolvemos ecuación:  
 $0.80 X = (t1+t3) + t2$

Al final la decisión de t2 es del Gerente de proyecto.

$X = ((8+6)+101) / 0.80$  (con  $f=6$ ). Luego  $X = 144$  du.

Finalmente Plazo contractual:  
 $144 \times 1.20 = 173$ dc

3) Elaborar cronograma solo de ruta crítica

Se definen restricciones de inicio ( tareas anteriores a la restricción o cuello de botella y restricciones de fin

5) Utilizamos el método de tanteo o prueba y error para definir t2

Relleno por ejecutar : 6,093m<sup>3</sup>

$Ru = 10\text{m}^3/8\text{h}$

$Tu = \text{Cantidad}/Ru$   $Tu = 6,093/10$   $Tu = 609$

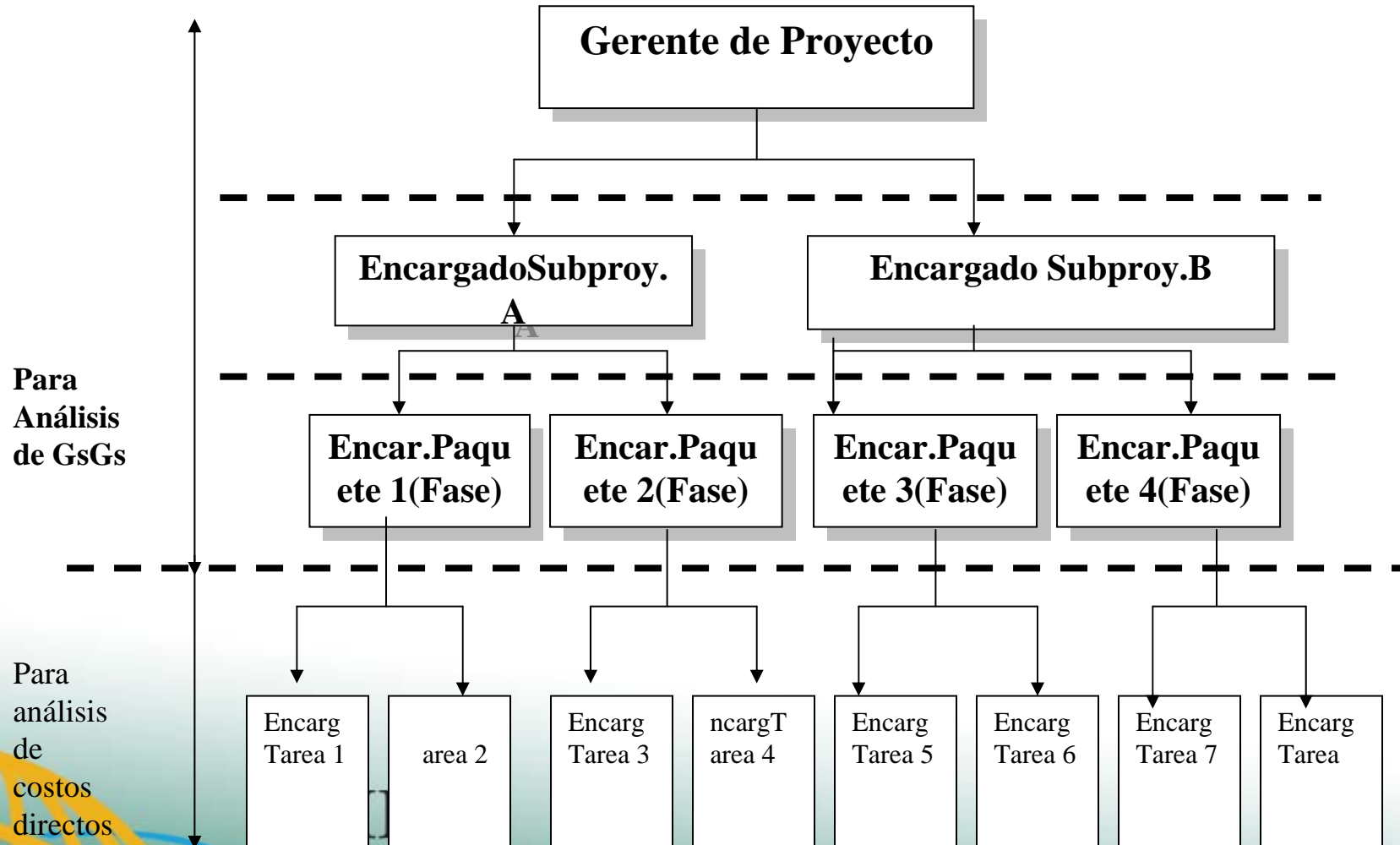
Tanteos:  $f = Tu/tp$ , donde  $tp = t2$

$f=1$ , luego  $609/1$   $t2 = 305$  etc.

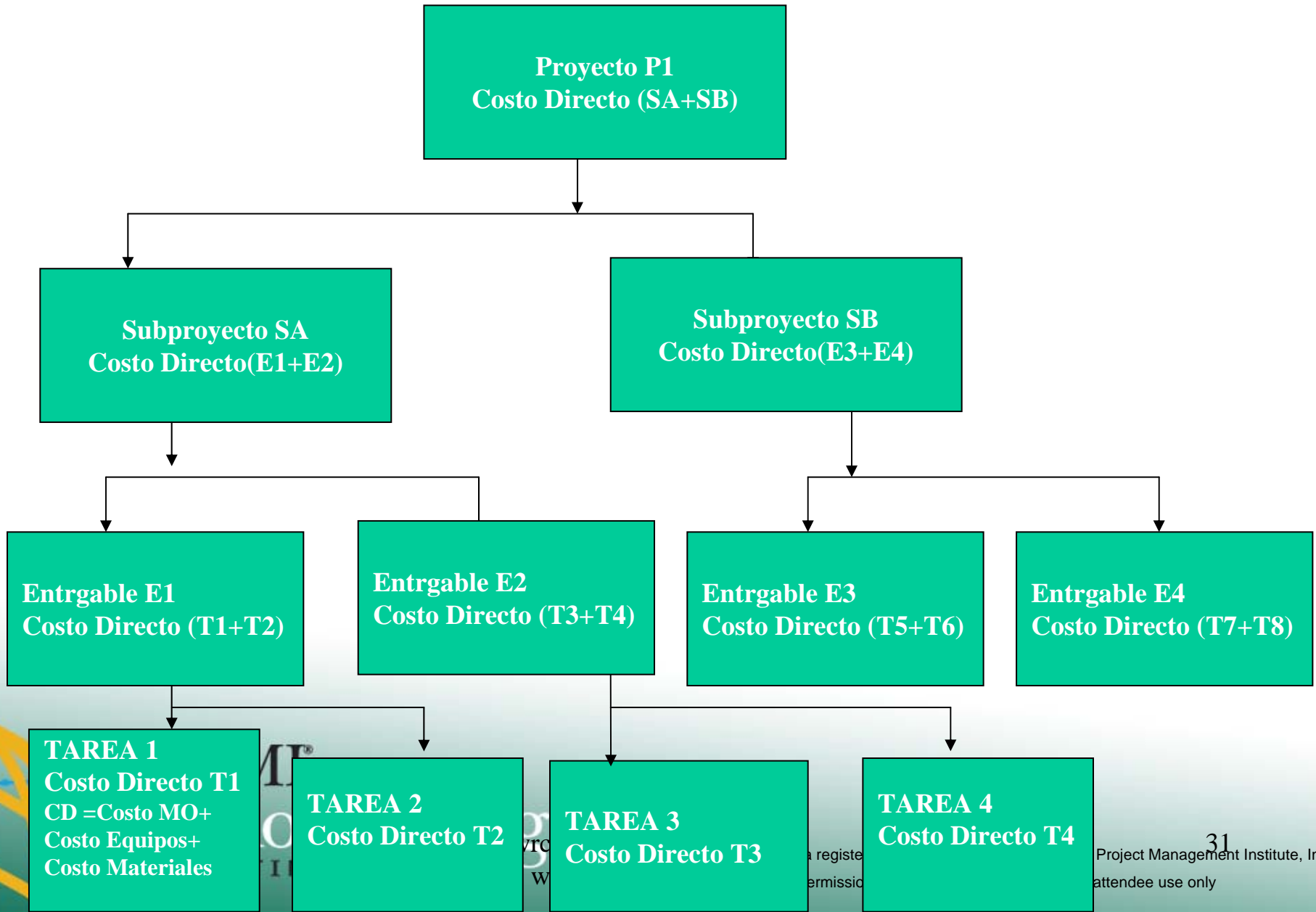
4) Determinamos la duración ( $tp = t2$ ) de la actividad restrictiva

En el ejemplo; el cuello de botella es relleno

# EDO ó OBS( Organizacional Breackdown Structure) tipo Organigrama(Modelo más usado)Gerente de Proyecto



# ESQUEMA DE UNA EDC ó CBS



# CONTROL DE PROYECTOS



PMI<sup>®</sup>  
Global Congress  
LATIN AMERICA 2008

"PMI" is a registered trade and service mark of the Project Management Institute, Inc.  
©2008 Permission is granted to PMI for Congress attendee use only

# CURVA S "S" DEL CPTP-CPTR-CRTR

EAC (Estimate At Completion) o Costo Estimado al finalizar la obra: **CEF**

% Costos acum  
100%

Línea de corte o fecha de estado  
Presupuesto Base Contratado (CBB: Contract Budgeted Base)

VAC (Variance At Completion) o VAF

**CPTP ó BCWS**

BAC (Budgeted At Completion (Costo Presupuestado al final del plazo contractual o plazo del Proyecto: CPF

PPD (Projected Program Delay) ó SLIPPAGE

**CPTR ó BCWP**

50%

**VP = CPTR - CPTP**

**SV = BCWP - BCWS**

**CRTR ó ACWP**

**VC = CPTR - CRTR**

**CV = BCWP - ACWP**

t1 t2 t3 t4 t5 t6

Tiempo (T)

**CPTP**

$$CEF = CRTR + (CPF - CPTR) / IRC$$

**CPTR**

$$IRC = CPTR / CRTR$$

**CRTR**

# CONCLUSIONES

- 1.-La Teoría de Restricciones, nos ayuda a resolver un problema antiquísimo en la Planificación y Programación de Obras; esto es la automatización del número de cuadrillas para cada actividad o tarea y por ende un mejor manejo de los recursos diarios.
- 2.-Nos permite focalizar la tarea más crítica en función al esfuerzo humano, que se traduce en horas-hombre.
- 3.-Nos obliga a plantearnos desde un inicio del Proyecto a definir por lo menos una ruta crítica.
- 4.-Nos proporciona una herramienta eficaz para cumplir con éxito y a tiempo los proyectos al introducir los buffer o amortiguadores de tiempo.
- 5.-Podemos definir un mejor plazo de obra para licitaciones, por cuanto muchas veces se definen plazo sin ningún criterio técnico y solo político.
- 6.-Se puede utilizar el modelo de camino crítico en vez de cadenas críticas de Goldratt, teniendo en cuenta que las restricciones derivadas de recursos escasos sean definidos y traducidos en duración y secuencia de trabajo.
- 7.-Es necesario precisar que podemos utilizar métodos heurísticos como cadenas o trenes de trabajo, método chamín de fer para buscar mejores desempeños.

# CONCLUSIONES (Continuación)

- 8.-Cada vez más los modelos y la simulación en 4D y n dimensiones, así como simuladores como el CYCLONE ( Cyclic Operating of Network) del Dr. Daniel Halpin de la Universidad de Purdue (Indiana-USA) y softwares como el EZStroboscope y MicroCyclone, que utilizan el modelo del Dr. Halpin, están siendo utilizados cada vez más para optimizar los ciclos de trabajo en la Construcción. Por otro lado es bueno complementar el método de redes y simulación con técnicas desarrolladas por el Dr. Glenn Ballard de la Universidad de Berkeley ( California-USA), como la Programación Last Planner y Look Ahead Planning para una programación eficaz ( cumplimiento de metas), que constituye el despliegue de la WBS, luego del nivel de los entregables.

# CONCLUSIONES (Continuación)

- 9.-Los softwares actuales de Gestión de Proyectos cuentan con esta herramienta TOC que nos ayuda a buscar alternativas más apropiadas
- 10.-Se pueden establecer más de una restricción para Proyectos complejos, lo que determina diferentes ritmos en la obra, marcado por los tambores ( actividades restrictivas).
- 11.-El control a través del Valor Ganado nos permite, Proyectar el Costo Final e ir a justándolo a medida que realizamos las evaluaciones (fecha de estado)

# BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Eliyahu M. Goldratt & Jeff Cox. Ediciones Castillo-México: 1998
- **La Meta( The Goal).**
- 2.- Eliyahu Goldratt. Ed. The North River Press-USA: 1 997
- **Cadena crítica( Critical chain).**
- 3.-Eliyahu M. Goldratt. Ediciones Castillo-México: 2001.
- **No fue la suerte( segunda parte de La Meta).**
- 4.-Eliyahu M. Goldratt. Ed. North River Press-USA-1999).
- **Teoría de las Restricciones ( Theory of Constraints)**
- 5.- Eliyahu M. Goldratt. Ediciones Castillo-Monterrey-Nuevo León-México. 2001
- **Necesario mas no suficiente. Una novela de negocios sobre Teoría de Restricciones.**
- **6.-Apuntes de clase de Planeamiento, Programación y Control de Obras del Ing. Walter Rodríguez Castillejo.**
- **7.-Project Management Institute (PMI). 2001Practice Standard for Work Breakdown Structures.**
- **8.-Quentin W. Fleming & Joel M. Koppelman. Project Management Institute (PMI). 2000. Earned Value Project Management.**

# Información para contacto

**Ing. Walter Rodríguez Castillejo**

Profesor Asociado de la Facultad de Ingeniería Civil de la  
Universidad Nacional de Ingeniería- Lima-Perú.

Dirección: Jr. 8 de Octubre N° 836-Pueblo Libre ( Lima 21)

Tf: 2613827-Tfax: 4600894-96302225

wrcastillejo@yahoo.es