



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Lean Construction. Control y planificación de la producción PCP basado en el flujo. Un estudio de caso.

Patricia Flores^{1&4} / Carlos Formoso ²/ Karina Barth^{2&3} / Martin Suarez⁵ / Verónica Ksiazienicki ⁵

¹ FADU, Universidad de la República, Uruguay

² NORIE, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

³ LD Consulting, Brasil –

⁴ MORE Consultora, Uruguay

⁵ Stiler Engineering, Uruguay

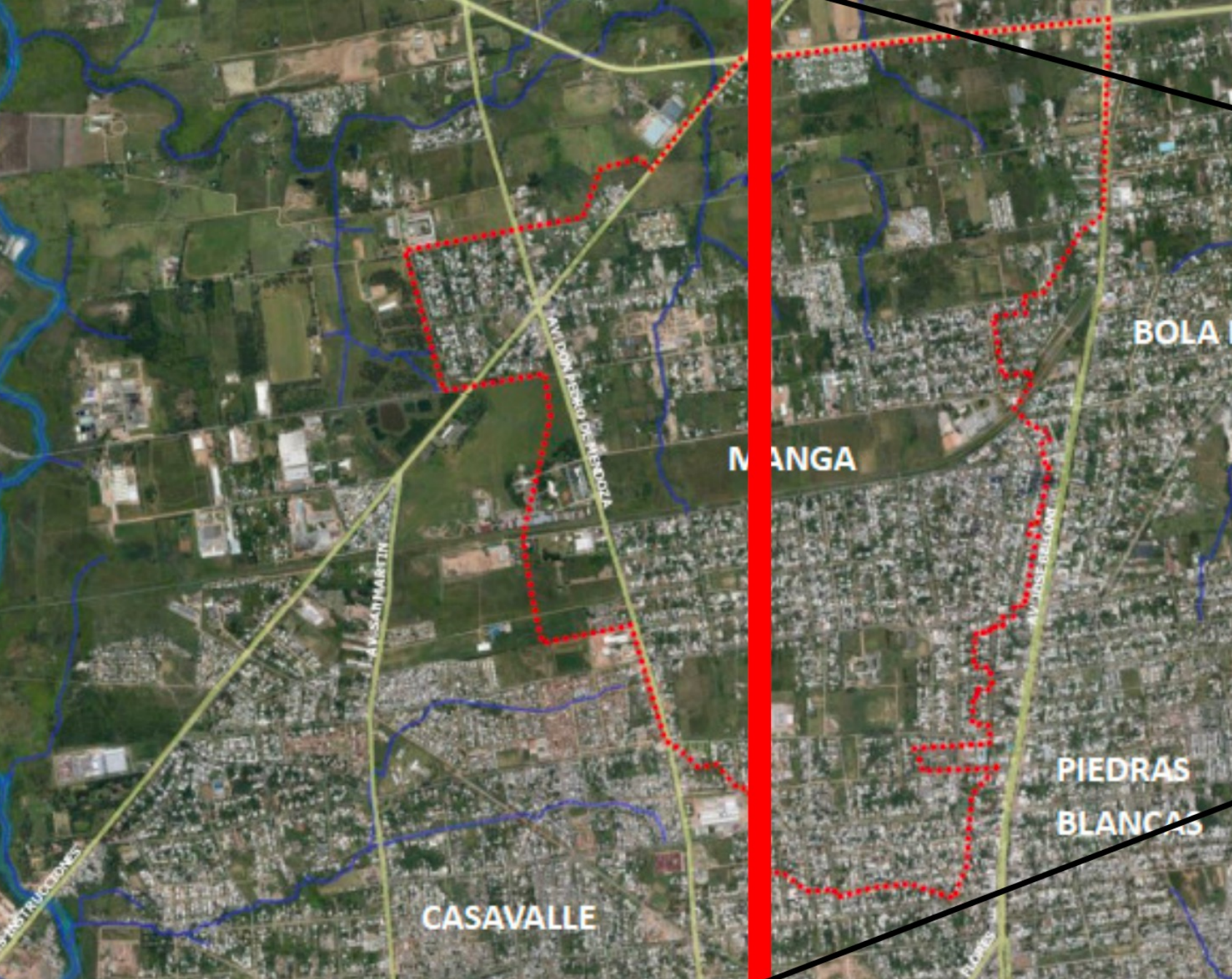


Contexto del estudio

- Programas de Implementaciones Lean en empresas locales
- Inicio como trabajo de consultoría para mejoras en la producción
- Actualmente Curso de Posgrados en la FADU
- Equipo técnico:
 - Universidad (Uruguay - Brasil)
 - Consultoras (Uruguay - Brasil)
 - Empresa (Stiler S.A.)

Objetivos del estudio

- Avanzar en un **Modelo para PCP obras lineales**
 - Caracterización de **obras lineales**
 - Planificación y control **por flujo**
 - Implementación de **herramientas ágiles _ Lean Construction**



Alcance del estudio

- Proyecto de infraestructura: Plan de Saneamiento Urbano V (IM-BID)
 - 20000 habitantes - 5500 viviendas
 - 400 hectáreas total con saneado de 33
 - Inversión total: USS 60 millones
-
- 45 km de colectores de saneamiento
 - 7 km de colectores de drenaje pluvial
 - estaciones de bombeo
 - obras viales



Qué son obras lineales

- Alta incertidumbre en el corto plazo
 - condiciones subterráneas
 - trabajo al aire libre
 - recorridos de larga distancia
- Complejidad está dada por:
 - Número pequeño de procesos
 - Grandes áreas geográficas
- Poca interdependencia entre procesos
- Hay repetición en los procesos pero con algunos parámetros variables (prof , diam)



Planificación y control por flujo

Planning and control system

- Reuniones semanales de planificación a corto plazo + reuniones de planificación anticipadas de tres semanas
- Pizarras móviles y notas adhesivas
 - Principales flujos de trabajo del proyecto (líneas)
 - Kanban para restricciones a corto plazo
- Cambios frecuentes en la secuencia de lotes



	17 Lun	18 Mar	19 Miér	20 Jue	21 Vier
Cuadrilla					
PIÑEYRO				1er TRAMO	
MARCENAL			2do TRAMO		
BRAVO	1er TRAMO		2do TRAMO	3er TRAMO	
BUSTAMANTE			1er TRAMO	2do TRAMO	3er TRAMO
CARDOZO			1er TRAMO	2do TRAMO	3er TRAMO
Cám. Nº 1					
PIRANA					
F. SASTRE					
MEDINA					
CAMACHO					
HORMIGONES					
FORVIAL					
DISLAR					

2do TRAMO CABRAL NORTE		3er TRAMO CABRAL NORTE
PL. TALLER [LORENA]		PL. TALLER [LORENA]
	FIN RECTANG. 3,50 x 1,70	COMENZO RECTANG. 3,00 x 1,50

Planificación basada en localización LBPC

Level 1: áreas del contrato

Level 2: topografía

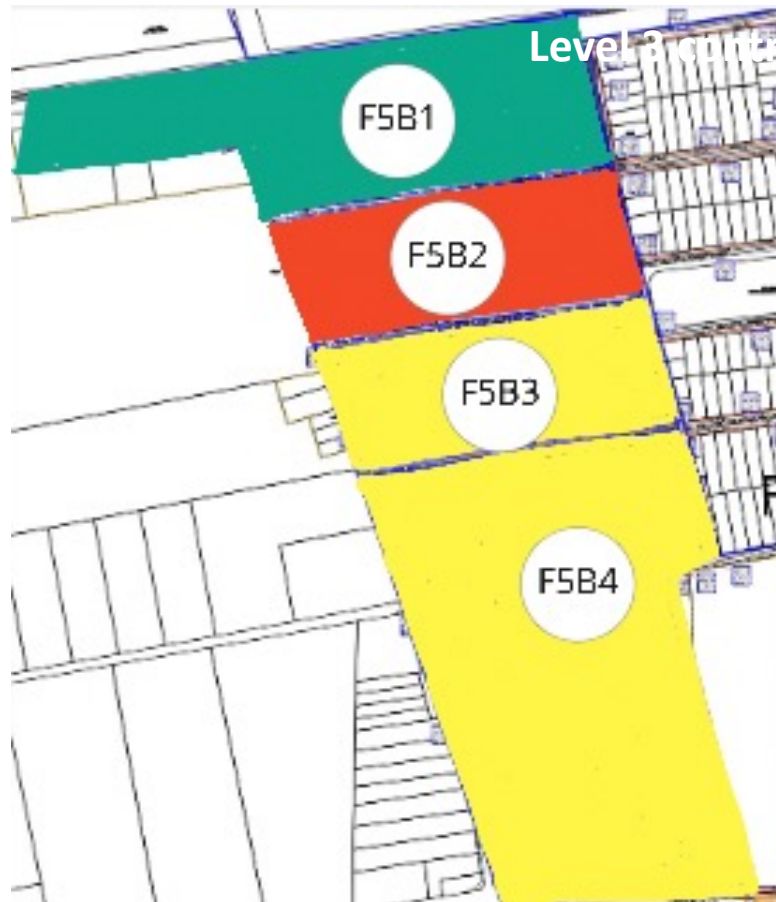
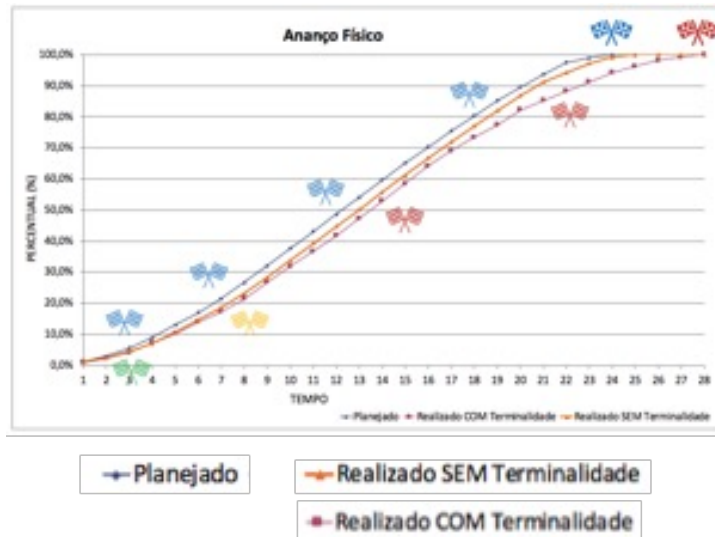
Level 3: WIP control

Level 4: tramo mínimo

(tramo de tubería entre 2 cajas de inspección)

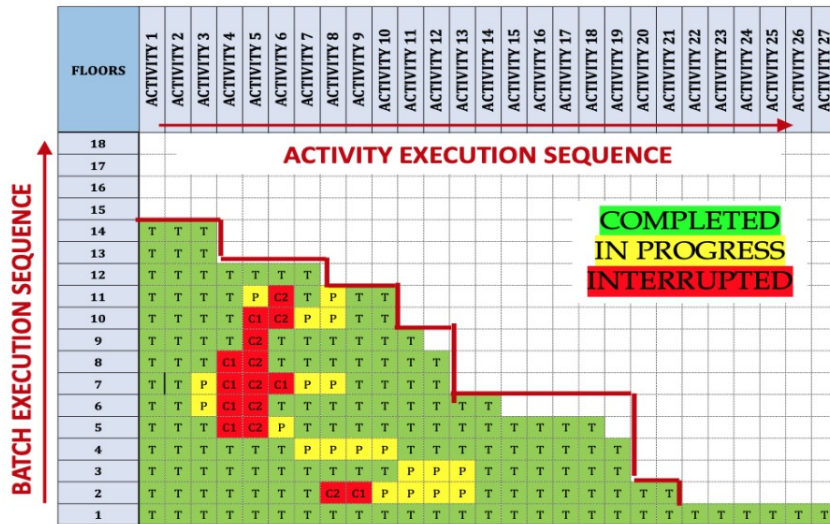


150 zones

[illegible]

Indicadores de terminalidad

- La **matriz de terminalidad** se complementa con un **plano de terminalidad**, con distintos grados de información en sucesivas “capas” (zoom in/zoom out).

[illegible]

- Inclusion de procesos criticos
- Control de tareas concluidas, en ejecución, interrumpidas, no iniciadas
- Control de trabajo en progreso WIP y tiempo de ciclo
- Producir una gráfica esquemática de la obra

Oportunidades de mejora

- **Automatización** en la generación de los controles a partir de la información disponible

STILER

Obra: Redes de Manga
Mes 2110
Colocación de tuberías de saneamiento

Información de tuberías										Longitud a certificar							
No. plano de tubería	Men Certifica	Encargado	Cámara salida	Cámara llegada	Diámetro	Calle	Tipo Inic	Tipo Fin	Longitud	Da	Ta	3a	Sal	Da	Ta	3a	Sal
729	210	Cardoso	PR2-C2	SE2-25-C1	200	Antares Orientales	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
802	210	Mariscal	SE12-C2	SE12-C3	200	Alameda	44.00	42.41	44.70	43.20	100.00	-	-	-	-	-	-
805	210	Piñeros	PR10-C8A	SE18-C1	200	Petrossi	31.06	29.72	33.60	31.84	70.00	-	-	-	-	-	-
786	210	Butanante	SE12-C2	SE12-C3	200	Lacoste	37.95	36.80	38.87	38.07	80.00	-	-	-	-	-	-
797	210	Fagundes	PR2-C8	SE2-25-C1	200	San Carlos	34.47	36.35	39.62	37.68	94.95	-	-	-	-	-	-
798	210	Fagundes	SE2-25-C1	SE2-22-C2	200	San Carlos	34.47	36.35	39.62	37.68	94.95	-	-	-	-	-	-
745	210	Butanante	SE5-2-C3	SE5-3-C1	200	Antares CH	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
729	210	Butanante	PR10-C1	SE5-2-C3	200	Antares CH	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
740	210	Butanante	SE5-2-C3	SE5-3-C3	200	Antares CH	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
754	210	Butanante	SE5-2-C1	SE5-2-C2	200	Antares CH	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
753	210	Butanante	SE5-2-C2	SE5-3-C3	200	Antares CH	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
744	210	Butanante	SE5-2-C3	SE5-2-C1	200	Antares CH	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
761	210	Fagundes	SE5-2-C2	SE5-4-C1	200	Zeppelin	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
762	210	Fagundes	SE5-2-C1	SE5-4-C1	200	Zeppelin	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
765	210	Fagundes	SE5-5-C1	SE5-5-C2	200	Zeppelin	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
767	210	Mariscal	SE12-C3	SE12-C4	200	Cacela	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
779	210	Mariscal	SE12-C2	SE12-C3	200	Carlos A. L.	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
784	210	Butanante	SE12-C2A	SE12-C3	200	Carlos A. L.	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
770	210	Fagundes	SE5-4-C2	SE5-4-C3	200	Zeppelin	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
763	210	Fagundes	SE5-4-C1	SE5-4-C2	200	Zeppelin	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
795	210	Piñeros	PR10-C6	PR10-C8A	200	Petrossi	31.06	29.72	33.60	31.84	70.00	-	-	-	-	-	-
808	210	Piñeros	PR10-C8A	SE12-C3	200	Petrossi	31.06	29.72	33.60	31.84	70.00	-	-	-	-	-	-
773	210	Piñeros	SE12-C2	SE12-C3	200	Petrossi	31.06	29.72	33.60	31.84	70.00	-	-	-	-	-	-
786	210	Piñeros	SE12-C2	SE12-C3	200	Petrossi	31.06	29.72	33.60	31.84	70.00	-	-	-	-	-	-
793	210	Piñeros	SE12-C4	SE12-C4A	200	Petrossi	31.06	29.72	33.60	31.84	70.00	-	-	-	-	-	-
724	210	Fagundes	SE4-6-C5	SE4-6-C8	200	Fallo (terreno)	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
724	210	Fagundes	SE4-6-C5	SE4-6-C8	200	Fallo (terreno)	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-
750	210	Fagundes	SE4-7-C2	SE4-7-C3	200	Margen	35.30	37.03	41.76	38.23	80.00	-	-	-	-	-	-

STILER

Obra: Redes de Manga
Mes 2110
Construcción de conexiones y cámaras n°1

Información de conexiones y cámaras										Cantidad a certificar							
No. plano de tubería	Men Certifica	Encargado	Calle	Cámara salida	Cámara llegada	Elemento	Cantidad a certificar	Cantidad de obra	Cantidad a pagar	Da	Ta	3a	Sal	Da	Ta	3a	Sal
761	210	Fagundes	Zeppelin	SE5-2-C2	SE5-4-C1	CTA	5	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-
762	210	Fagundes	Zeppelin	SE5-2-C1	SE5-4-C1	CTA	0	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-
765	210	Fagundes	Zeppelin	SE5-5-C1	SE5-5-C2	CTA	0	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-
767	210	Mariscal	Cacela	SE12-C2	SE12-C3	CTA	0	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-
770	210	Butanante	Carlos A. López	SE12-C2A	SE12-C3	CTA	5	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-
773	210	Fagundes	Zeppelin	SE5-4-C2	SE5-4-C3	CTA	4	0	4	-	-	-	-	-	-	-	-
763	210	Fagundes	Zeppelin	SE5-4-C1	SE5-4-C2	CTA	5	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-
808	210	Piñeros	Petrossi	PR10-C8A	SE12-C3	CTA	2	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-
773	210	Piñeros	Petrossi	SE12-C2	SE12-C3	CTA	7	0	7	-	-	-	-	-	-	-	-
786	210	Piñeros	Petrossi	SE12-C2	SE12-C3	CTA	5	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-
793	210	Piñeros	Petrossi	SE12-C4	SE12-C4A	CTA	6	0	6	-	-	-	-	-	-	-	-
724	210	Fagundes	Fallo	SE4-6-C5	SE4-6-C8	CTA	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
750	210	Fagundes	Margen	SE4-7-C2	SE4-7-C3	CTA	6	0	6	-	-	-	-	-	-	-	-
726	210	Bravo	Las Flores	SE4-6-C5	SE4-6-C8	CHT	0	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
686	210	Bravo	Las Flores	SE4-6-C1	SE4-6-C2	CHT	0	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-
674	210	Bravo	Las Flores	SE4-6-C2	SE4-6-C3	CHT	0	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-
686	210	Butanante	Mendota	SE2-25-C3	SE2-8-C8	CHT	0	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
726	210	Bravo	Las Flores	SE4-6-C5	SE4-6-C8	CHT	0	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-
707	210	Bravo	Las Flores	SE4-6-C4	SE4-6-C5	CHT	0	8	3	-	-	-	-	-	-	-	-
586	210	Piñeros	Domingo Arana	SE12-C1	SE12-C2	CHT	0	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
573	210	Piñeros	Domingo Arana	PR10-C6	PR10-C7	CHT	0	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
586	210	Piñeros	Domingo Arana	SE12-C2	SE12-C3	CHT	0	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-
589	210	Piñeros	Domingo Arana	SE12-C3	SE12-C4	CHT	0	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-
726	210	Bravo	Las Flores	SE4-6-C5	SE4-6-C8	CHT	0	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-

STILER

Obra: Redes de Manga
Mes 2110
Plaza Bergerio

Mes	Rubro	Detalle	Cantidad	Unidad	OBSERVACIONES
2007	MANGA, D.01	MOVIMIENTO DE SUELO	6000.00	m3	
2007	MANGA, D.01.01	Excavación	6.000.00	m3	
2008	MANGA, D.01.02	Terraplen compactado	1031.40	m3	
2008	MANGA, D.01.03	Talud (Perfilado)	948.00	m2	
2009	MANGA, AD.01.01	Suministro de geotextil	2480.00	m2	80% del total
2009	MANGA, AD.01.03	Suministro de piedra partida triturada 20/30	536.00	m3	80% del total
2009	MANGA, AD.01.03	Hora de construcción de dren	489.00	hora	
2010	MANGA, AD.01.02	Suministro de geotextil	200.00	m2	80% del total
2010	MANGA, AD.01.03	Suministro de piedra partida triturada 20/30	144.00	m3	80% del total
2010	MANGA, AD.01.03	Hora de construcción de dren	88.00	hora	
2010	MANGA, AD.01.03	Hora de construcción de dren	-17.00	hora	Saldo: 17hrs x 26.666 \$/hrs = \$453.356
2010	MANGA, AD.01.03	Suministro de piedra partida triturada 20/30	134.00	m3	Comp. Saldo = \$453.356 / \$3374 = 134m3
2011	MANGA, D.02.01	Muros de Contención	10.00	m3	6,66ml x 1,5m3/ml
2011	MANGA, D.02.01	Muros de Contención	71.01	m3	47,34ml x 1,5m3/ml
2012	MANGA, D.02.01	Muros de Contención	7.45	m3	
2107	MANGA, D.07.021	Hormigón armado de piso	13.86	m3	
2107	MANGA, D.07.022	Hormigón armado de pared	37.45	m3	
2108	MANGA, D.07.022	Hormigón armado de techo	11.64	m3	





UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Muchas gracias...

pflores@fadu.edu.uy

pflores@moreconsultora.com

