



Jornada Técnica SEPREM SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

Madrid, 21 de Mayo de 2019

Proyecto Hidroeléctrico Site C (BC, Canadá) Cimentación de HCR

Joaquín Jiménez Labadie
Responsable de Obras Hidráulicas. ACCIONA



SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

Cimentación Hormigón Compactado con Rodillo



1. Introducción. Cimentación en HCR
2. Especificaciones. Singularidades
3. Composición Mezclas. Control calidad
4. Instalaciones especiales. Dimensionamiento
5. Puesta en obra. Producciones

SITE C - Cimentación HCR Introducción. Cimentación en RCC



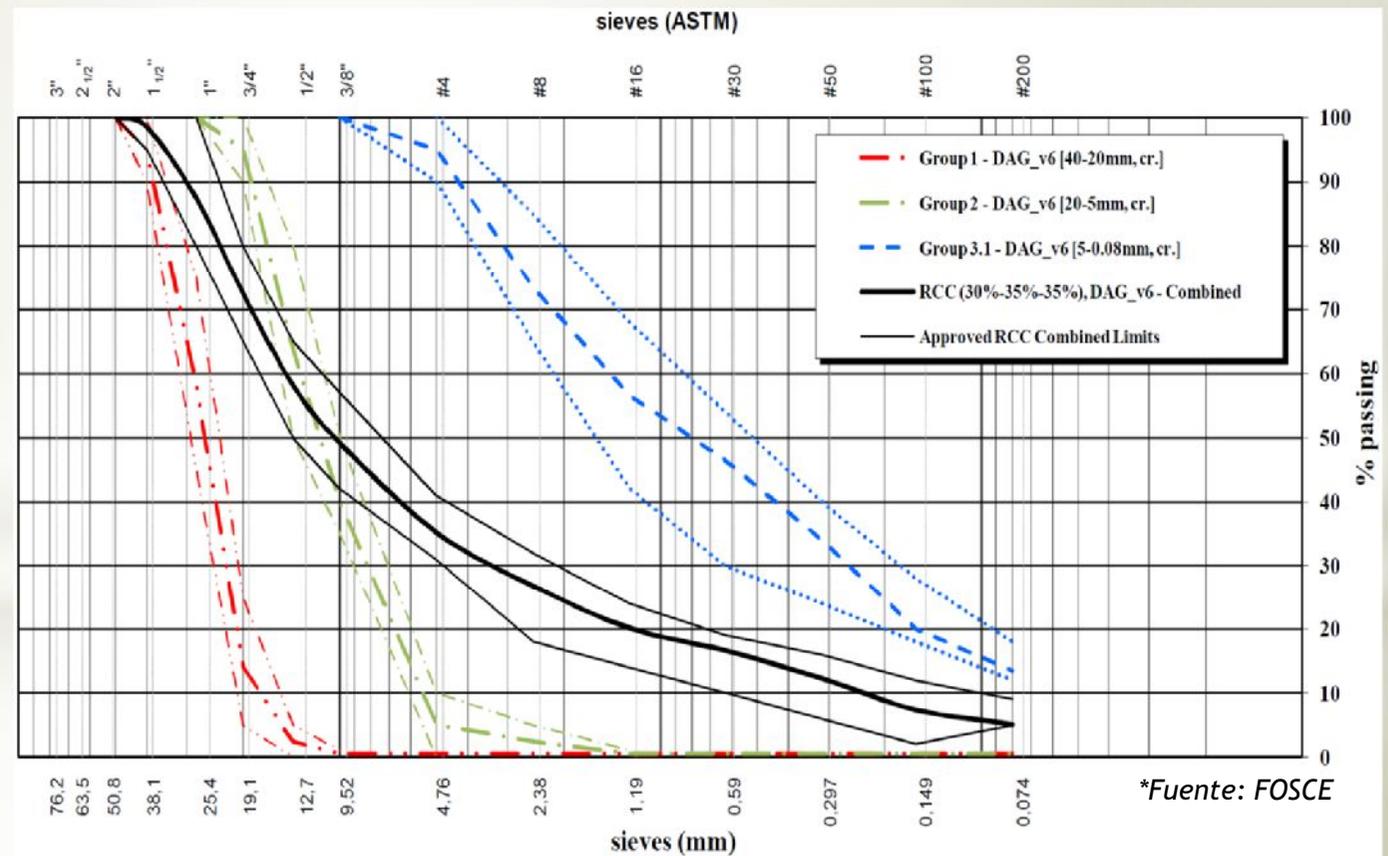
SITE C - Cimentación HCR Especificaciones. Singularidades

- Rigurosas especificaciones técnicas
- Complejo diseño
- Secuencia constructiva y programación exigente → producciones muy elevadas
- Condiciones climatológicas extremas
- Roca de cimentación muy alterada
- Interfases con otros contratistas
- Dificultad de accesos a los bloques

SITE C - Cimentación HCR Diseño de Mezclas. Áridos

Tamaño máximo 40 mm
3 Fracciones de machaqueo:

- Grupo 1 40-20 mm → 30%
- Grupo 2 20-5 mm → 35%
- Grupo 3 5-0 mm → 35%



SITE C - Cimentación HCR Diseño de Mezclas

Dosificación de Hormigones:

Material	RCC	CVC-Roca	CVC-Encofrado
Árido grueso (>5 mm)	1365 kg/m ³	1171 kg/m ³	1208 kg/m ³
Arena (<5 mm)*	734 kg/m ³	631 kg/m ³	651 kg/m ³
Cemento (tipo I)**	70 kg/m ³	217 kg/m ³	230 kg/m ³
Ceniza volante	130 kg/m ³	123 kg/m ³	70 kg/m ³
Agua libre	105 kg/m ³	125 kg/m ³	125 kg/m ³
Aditivo retardante***	0,33-0,75%	0,40-0,52%	0,40-0,52%
Aditivo aireante	-	0,10-0,40%	0,10-0,40%
Aditivo plastificante	-	0,40-0,50%	0,40-0,50%

Notas:

(*) Arena de machaqueo en el RCC y natural lavada en el CVC

(**) Al inicio se ha empleado una mezcla más conservadora de RCC con 80 kg/m³ de cemento

(***) La dosis de aditivo varía en función de la temperatura ambiente para inicio de fraguado 24 horas

*Fuente: FOSCE

SITE C - Cimentación HCR Control de calidad. Hormigón Fresco

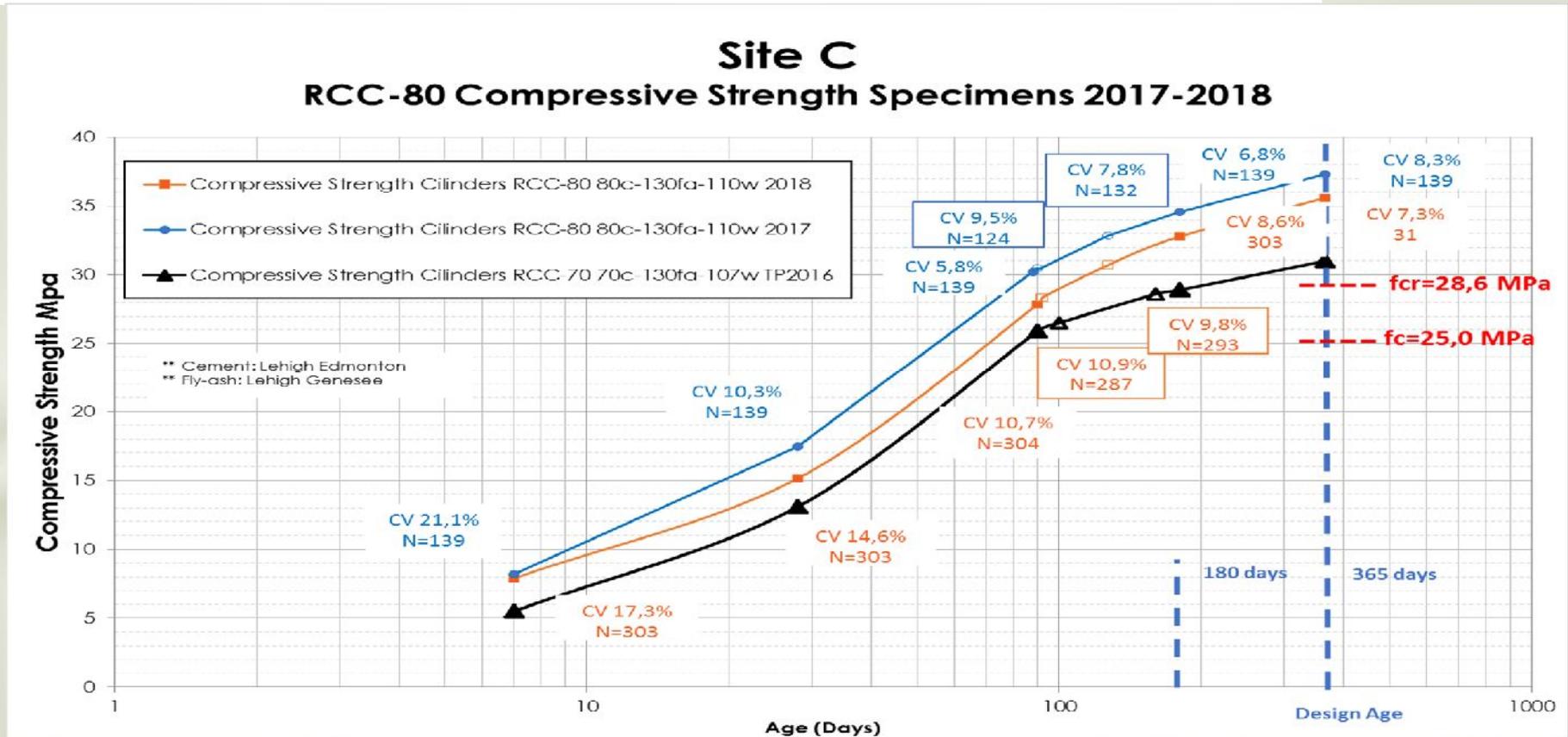
- Tiempo VeBe: 8-14 segundos
- Tongadas 30 cm
- Vibrado del CVC: en 30/60 min.
- Compactación del HCR: en 45/90 min.
- N° pasadas: 1 estática +3 dinámicas
- Densidad > 98% de d.t.s.a. (HCR)
- Juntas: 87% Calientes, 6% Templadas, 7% Frías
- Inicio de fraguado: 18-24 horas



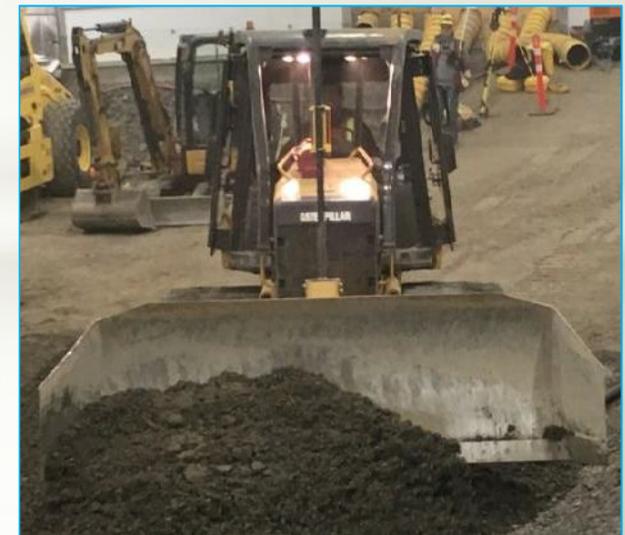
SITE C - Cimentación HCR

Control de calidad. Hormigón endurecido

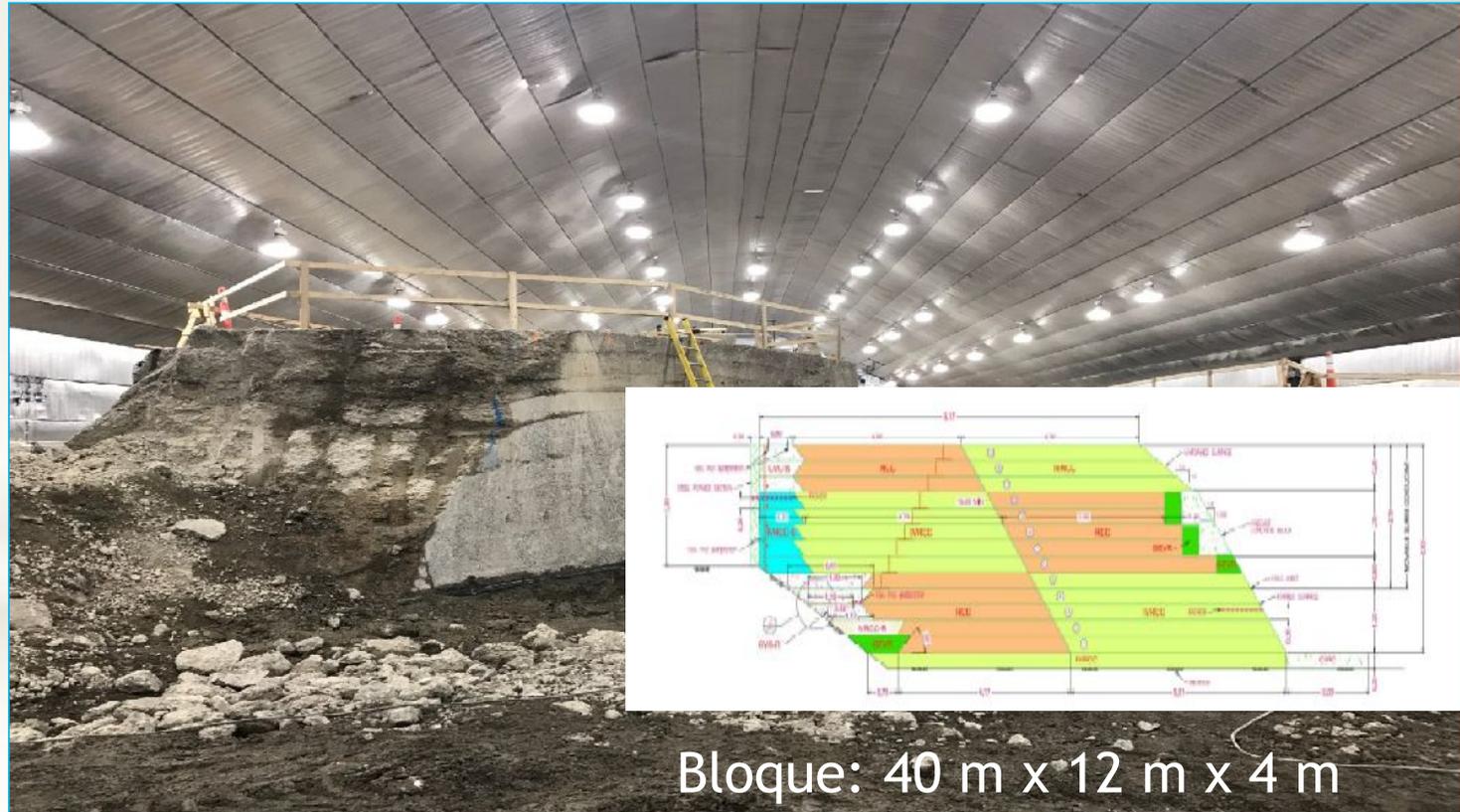
Relación Tracción/ Compresión → 9% ensayo indirecto y 5-6% ensayo directo



SITE C - Cimentación HCR Bloque de prueba. Diciembre 2016



SITE C - Cimentación HCR Bloque de Prueba. Diciembre 2016



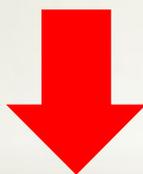
Bloque: 40 m x 12 m x 4 m

SITE C - Cimentación HCR

Instalaciones Especiales. Dimensionamiento

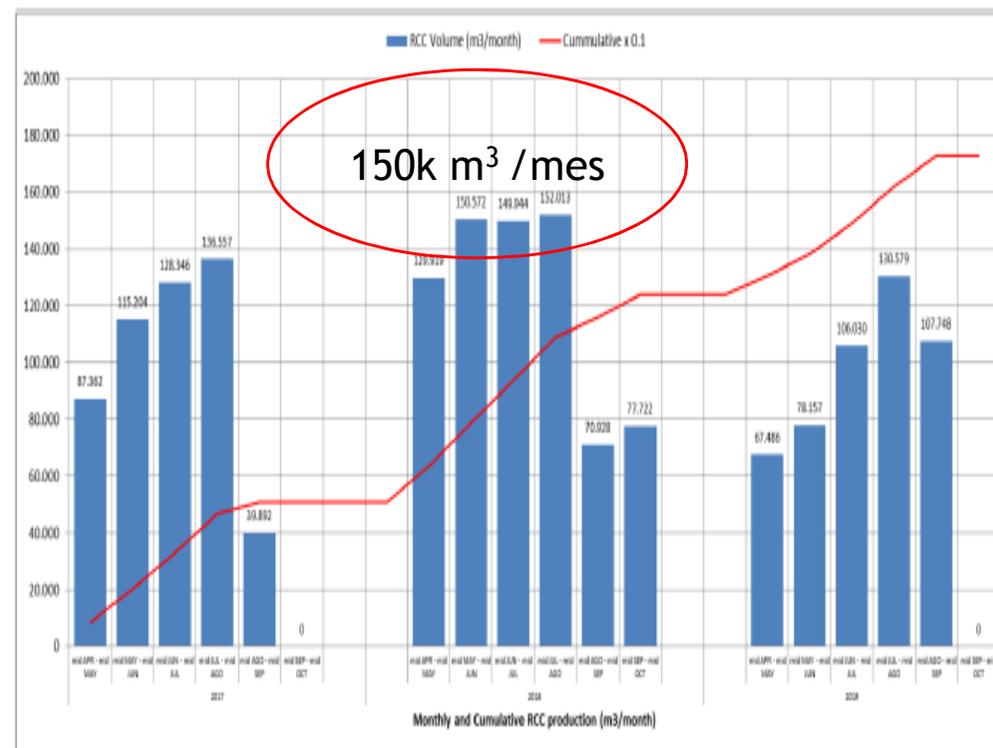
Factores para el dimensionamiento de las instalaciones:

- Programa de trabajos
- Especificaciones Técnicas
- Exigencias térmicas
- Experiencia



- Instalaciones de fabricación de áridos → 2.500 Tn/h
- Planta de hormigón HCR → 750 m³/h (5 amasadoras)
- Planta de hormigón convencional → 150 m³/h
- Sistema de calentamiento de áridos y agua
- Central de escamas de hielo
- Silos de almacenamiento de conglomerante

RCC PRODUCTION RATES:



SITE C - Cimentación HCR Instalaciones Especiales. Planta de áridos

Características:

- 3 líneas independientes de producción
- Producción máxima de 2.500 Tn/h
- Fabricación de áridos para el HCR y hormigones convencionales con planta de lavado de arenas.
- Planta de fabricación de filtros para la presa de tierras



SITE C - Cimentación HCR

Instalaciones Especiales. Planta de áridos

	2017		
	Phase 1	Phase 2	Total
Days	294	89	294
Hours	1.930	629	2.559
Nominal Production	250 t/hr	1.000 t/hr	434 t/hr
Availability	29%	31%	38%
Production	492.010 Tn	251.426 Tn	743.436 Tn
Split	G1 - 26% G2 - 47% G3 - 26%	G1 - 24% G2 - 37% G3 - 39%	G1 - 26% G2 43% G3 31%
G1	127.923 Tn	60.384 Tn	188.307 Tn
G2	231.245 Tn	93.092 Tn	324.337 Tn
G3	132.843 Tn	97.950 Tn	230.793 Tn
Efficiency	102%	40%	67%
Overall Rate	29%	12%	25%
Real Production rate	255 Tn/h	400 Tn/h	291 Tn/h

	2018		
	Phase 1	Phase 2	Total
Days	140	241	241
Hours	714	1.940	2.654
Nominal Production	250 t/hr	1.000 t/hr	798 t/hr
Availability	22%	35%	48%
Production	132.264 Tn	1.545.604 Tn	1.677.868 Tn
Split	G1 - 30% G2 - 42% G3 - 28%	G1 - 31% G2 - 33% G3 - 36%	G1 - 31% G2 34% G3 35%
G1	40.118 Tn	480.571 Tn	520.689 Tn
G2	55.673 Tn	507.781 Tn	563.454 Tn
G3	36.473 Tn	557.252 Tn	593.725 Tn
Efficiency	74%	80%	79%
Overall Rate	16%	28%	38%
Real Production rate	185 Tn/h	797 Tn/h	632 Tn/h

Fase 1 → 44.000 Tn/mes
Fase 2 → 192.000 Tn/mes

SITE C - Cimentación HCR Instalaciones. Plantas de Hormigón

Planta Principal HCR:

- Liebherr 5 amasadoras doble eje horizontal de 4,5 m³
- **Producción máxima de 750 m³/h**
- 6 Silos de trabajo de 140 Tn
- Planta de escamas de hielo KTI 103 Tn y silo de 90 Tn
- Sistema SAUTER de calentamiento de áridos y agua
- 3 silos de 3.000 Tn para el almacenamiento de cemento y cenizas
- 4 silos de 2.300 Tn de capacidad de almacenamiento en Fort St. John



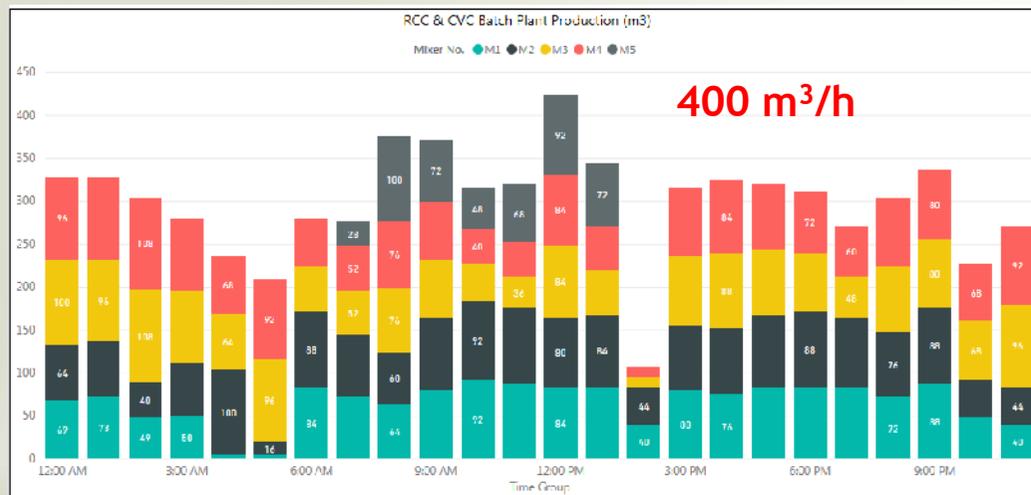
SITE C - Cimentación HCR Instalaciones. Plantas de Hormigón

Planta de hormigón Convencional:

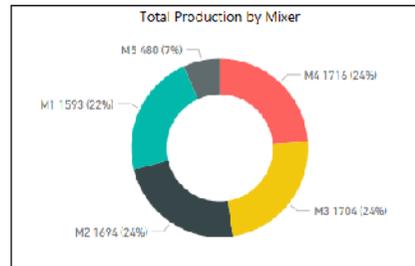
- Liebherr 1 amasadoras doble eje horizontal
- **Producción máxima de 150 m³/h**
- Planta de escamas de hielo KTI 89 Tn y silo de 23 Tn
- Sistema de calentamiento de áridos y agua
- Silos de 400 Tn para las cenizas y de 600 Tn para el cemento



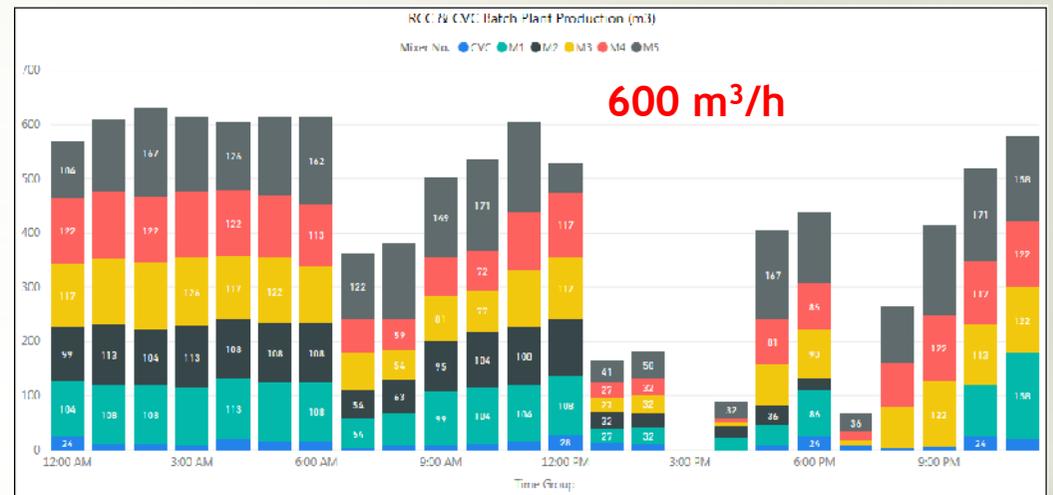
SITE C - Cimentación HCR Instalaciones. Plantas de Hormigón



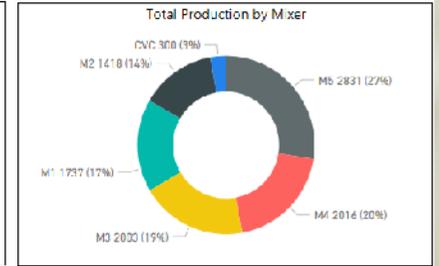
Mixer No.	2017-09-27	Total
M1	1,392.50	1,392.50
M2	1,054.00	1,054.00
M3	1,704.00	1,704.00
M4	1,716.00	1,716.00
M5	480.00	480.00
Total	7,186.50	7,186.50



Máximo producido 2017



Mixer No.	2018-10-15	Total
CVC	200.50	200.50
M1	1,757.00	1,757.00
M2	1,417.50	1,417.50
M3	2,002.50	2,002.50
M4	2,016.00	2,016.00
M5	2,830.50	2,830.50
Total	10,303.00	10,303.00

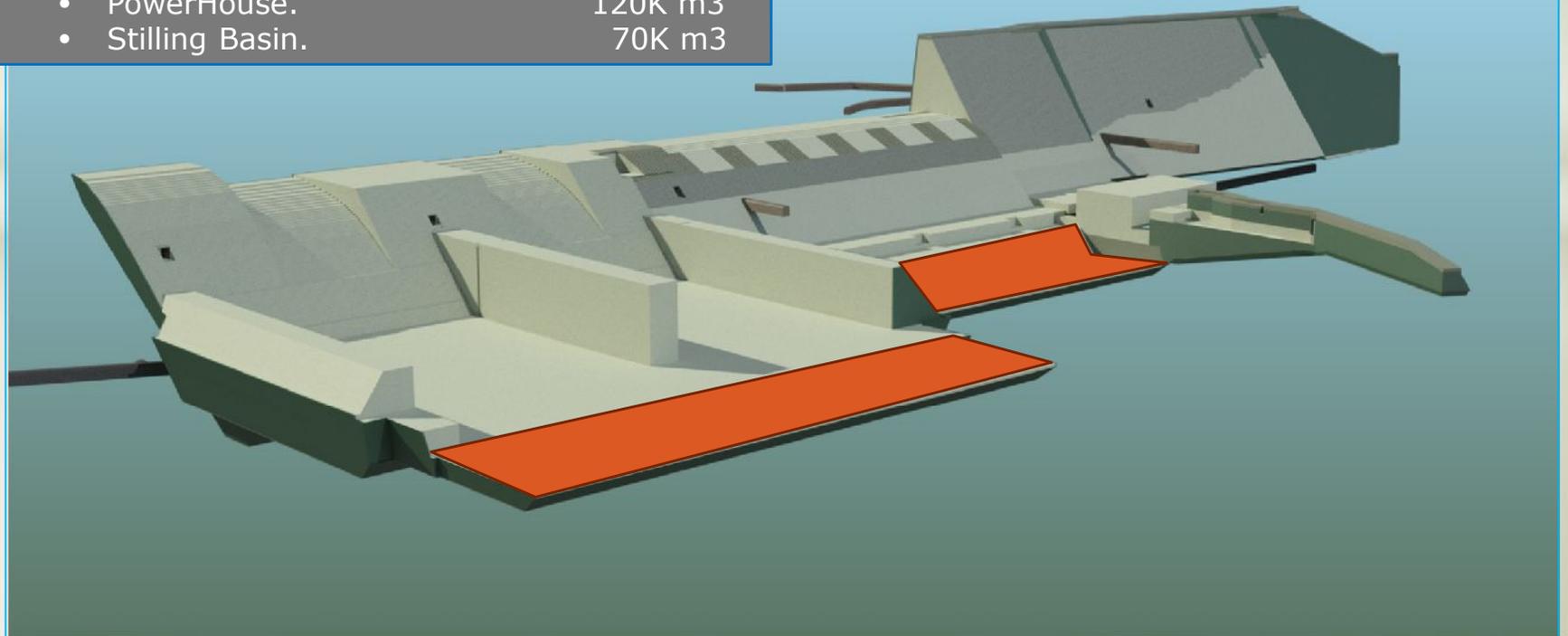


Máximo producido 2018

SITE C - Cimentación HCR Colocación HCR. Producción HCR 2017

2017 Alcance de los trabajos:

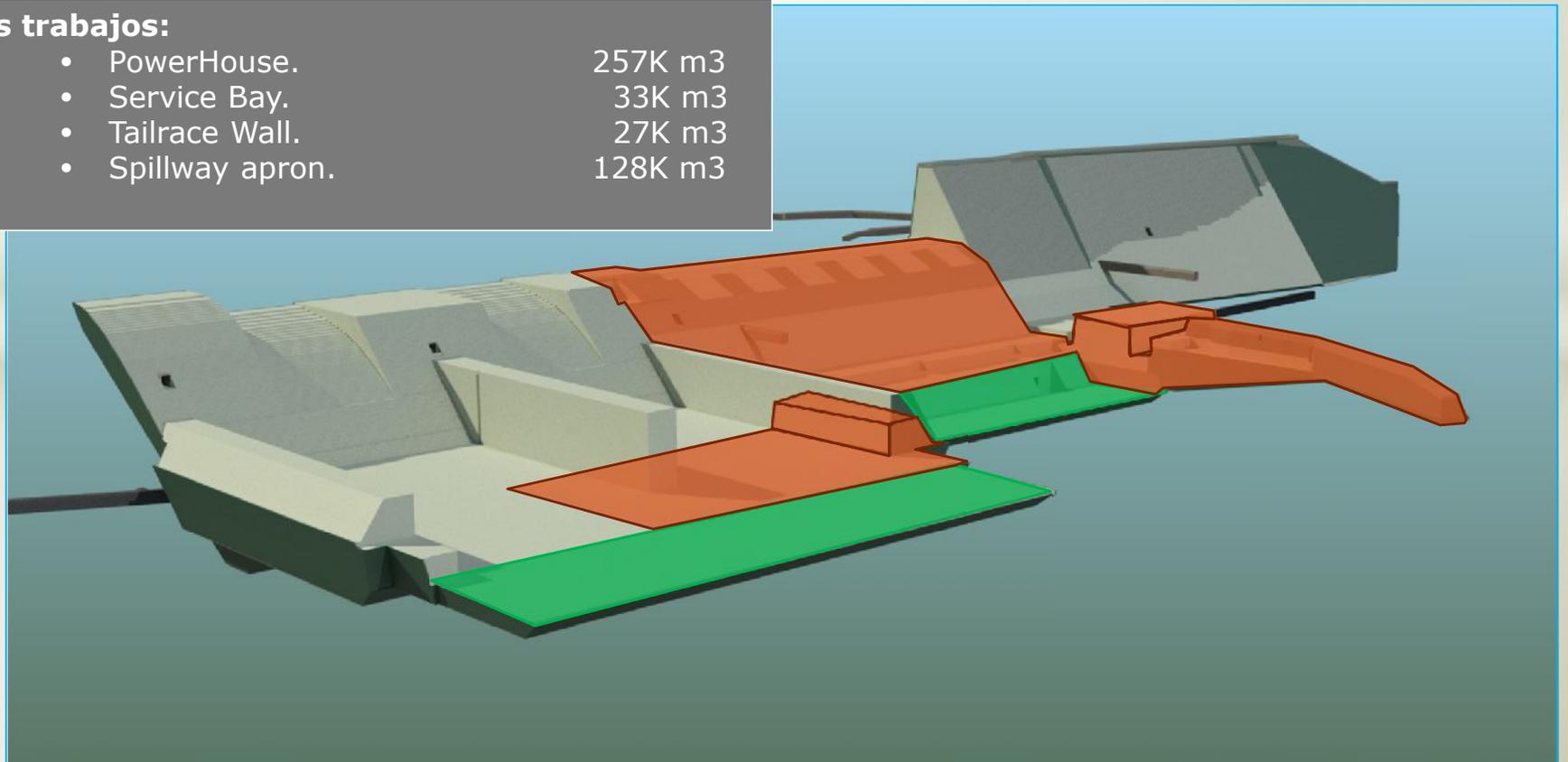
- PowerHouse. 120K m3
- Stilling Basin. 70K m3



SITE C - Cimentación HCR Producción HCR 2018

2018 Alcance de los trabajos:

- PowerHouse. 257K m3
- Service Bay. 33K m3
- Tailrace Wall. 27K m3
- Spillway apron. 128K m3

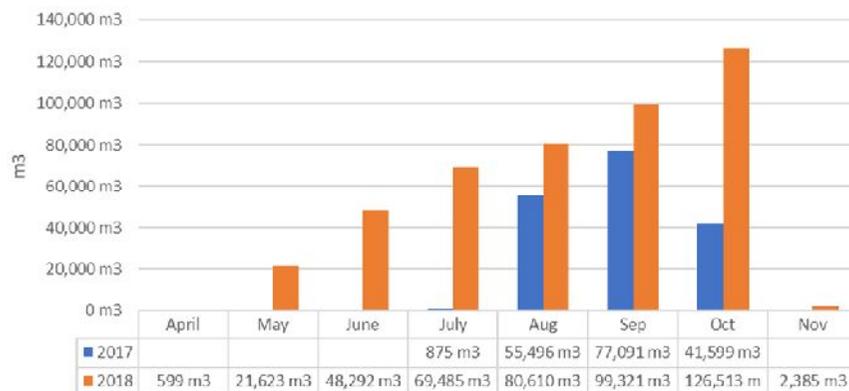


SITE C - Cimentación HCR

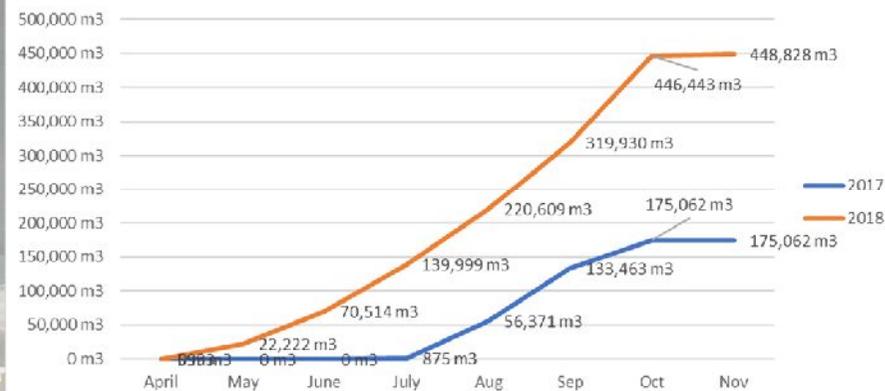
Colocación HCR. Producción HCR 2017 & 2018

2017 vs 2018

2017 & 2018



2017 & 2018 accumulated



Principales Cifras del 2018

Max producción en 30 días:

160.000 m³

Media Diaria: 5.520 m³

Max producción en 7 días:

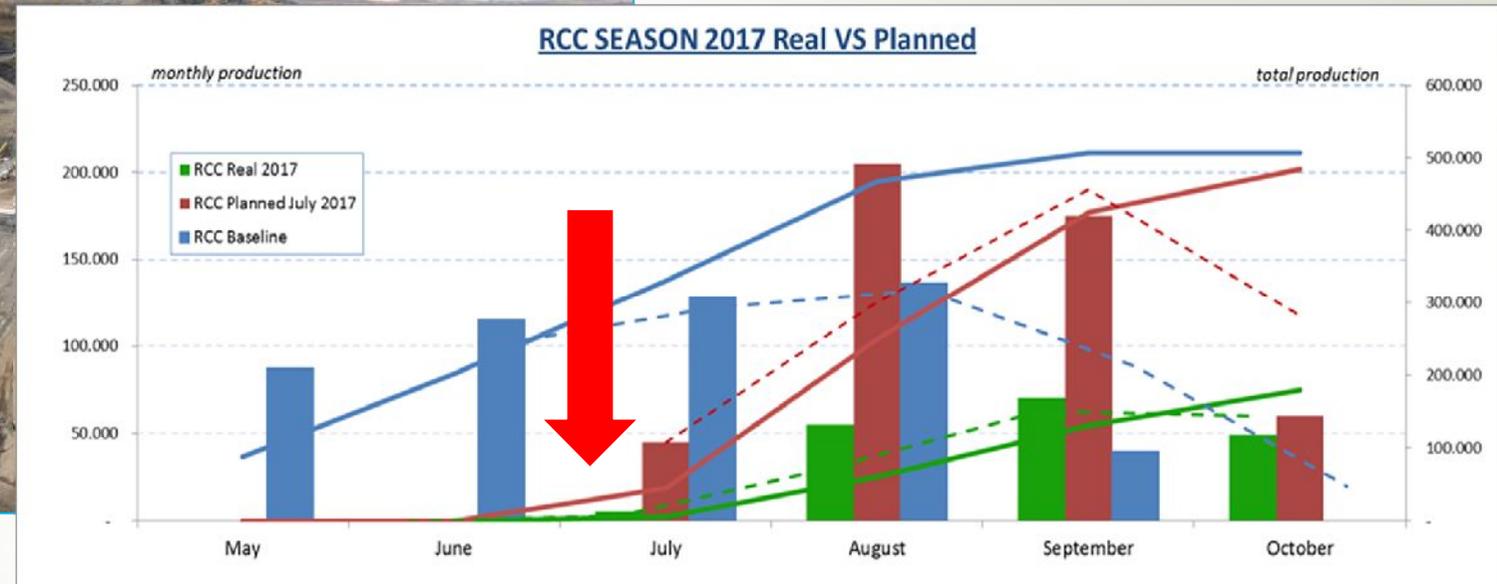
48.800 m³

Media Diaria: 6.690 m³

Max producción in 1 día:

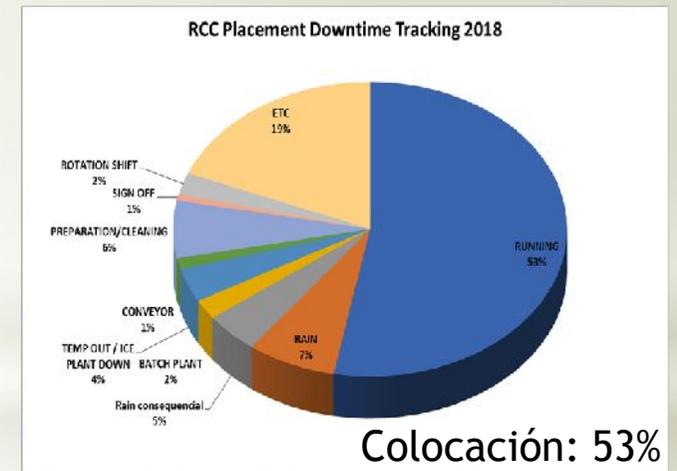
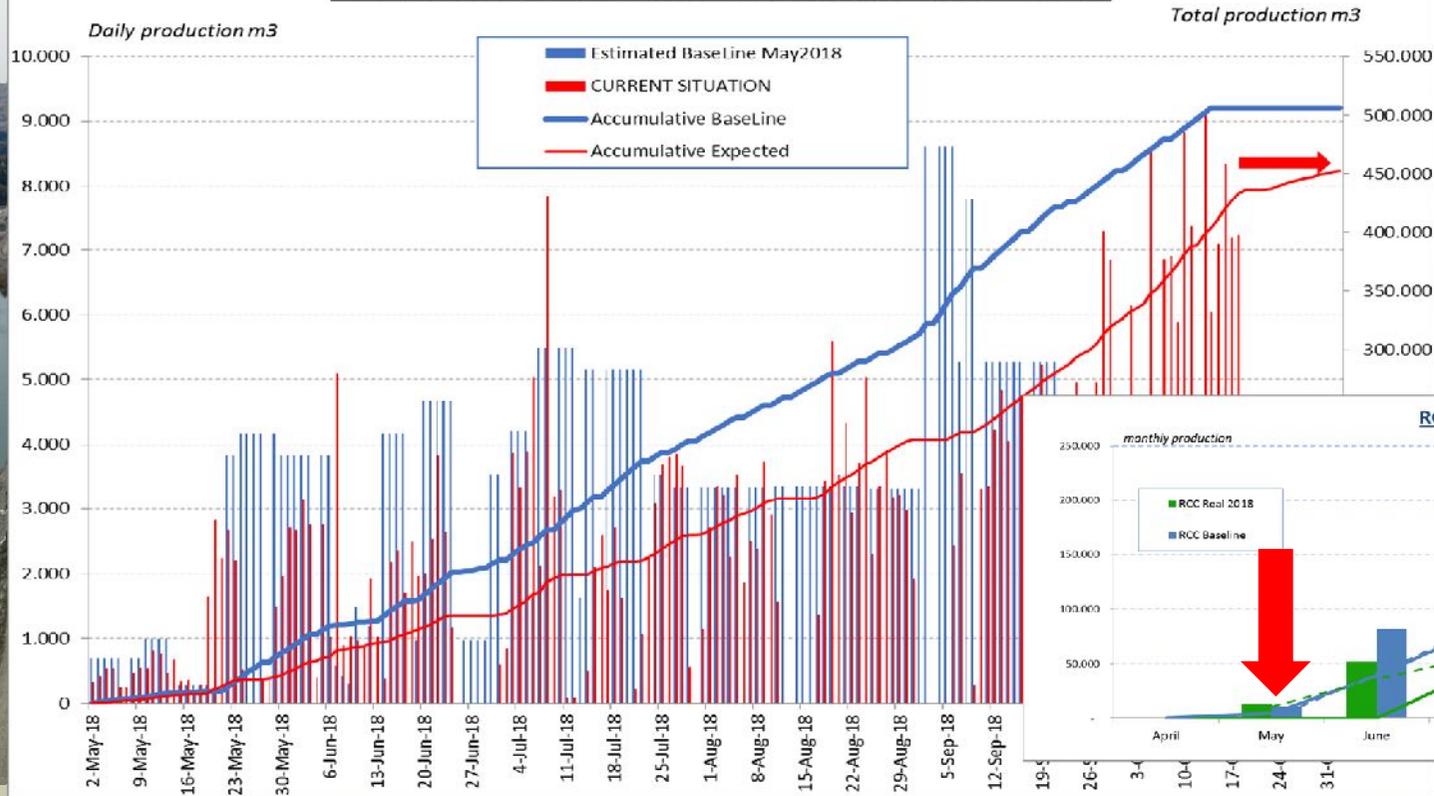
9.460 m³

SITE C - Cimentación HCR Producción HCR 2017



SITE C - Cimentación HCR Producción HCR 2018

RCC PRODUCTION BASELINE MAY 2018 vs CURRENT SITUATION



RCC SEASON 2018 Real VS Planned

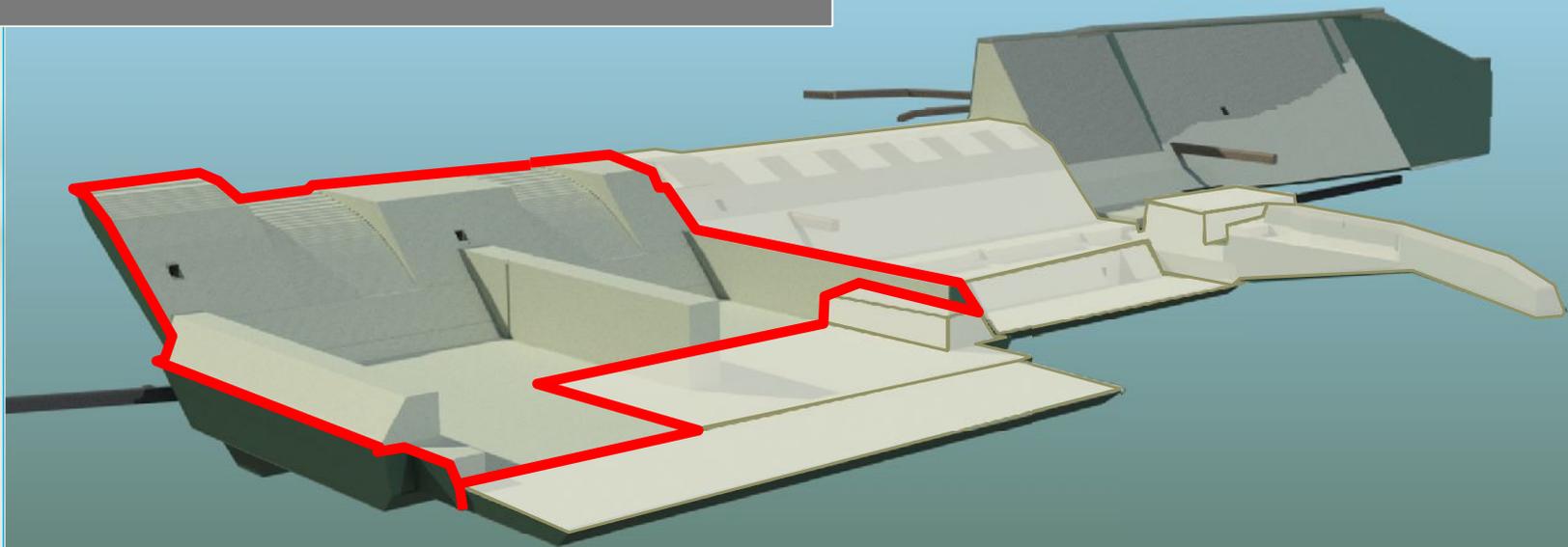


SITE C - Cimentación HCR Producción HCR 2019

2019 Alcance de los trabajos :

- Spillway

590K m3

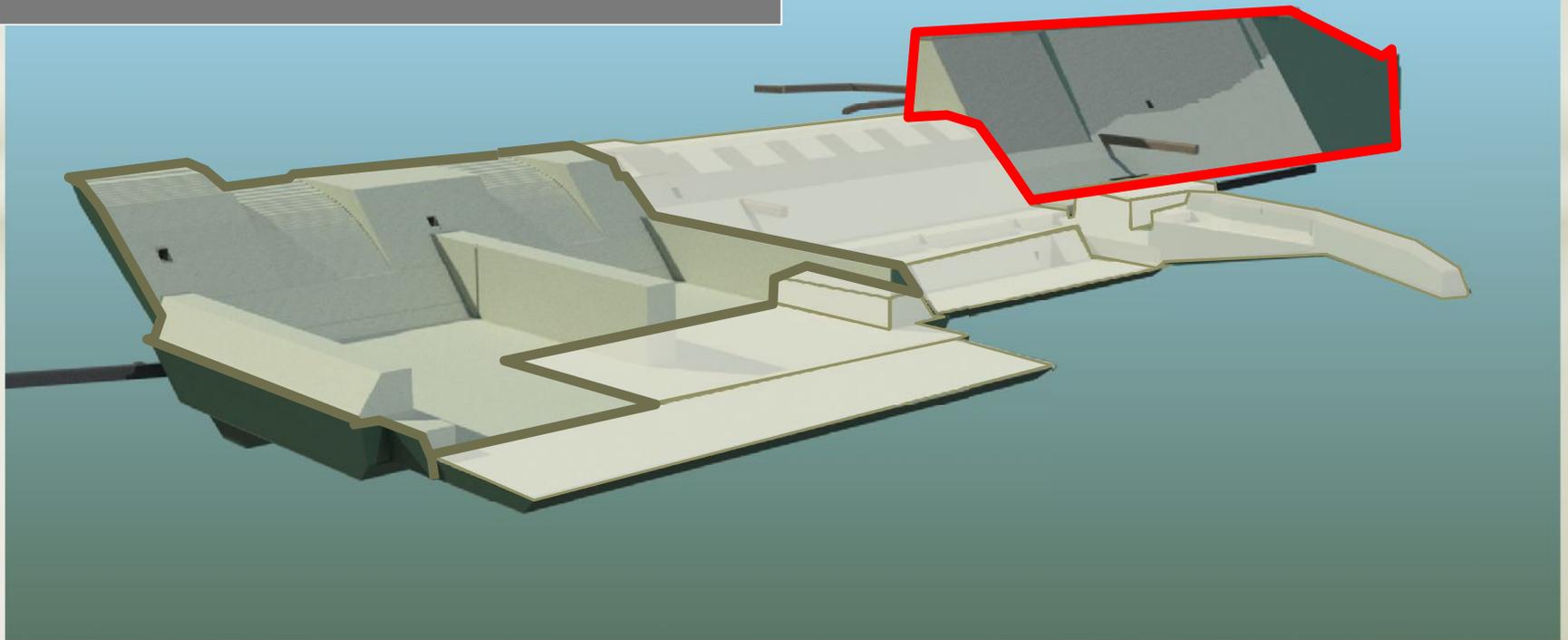


SITE C - Cimentación HCR Producción HCR 2020

2020 Alcance de los trabajos:

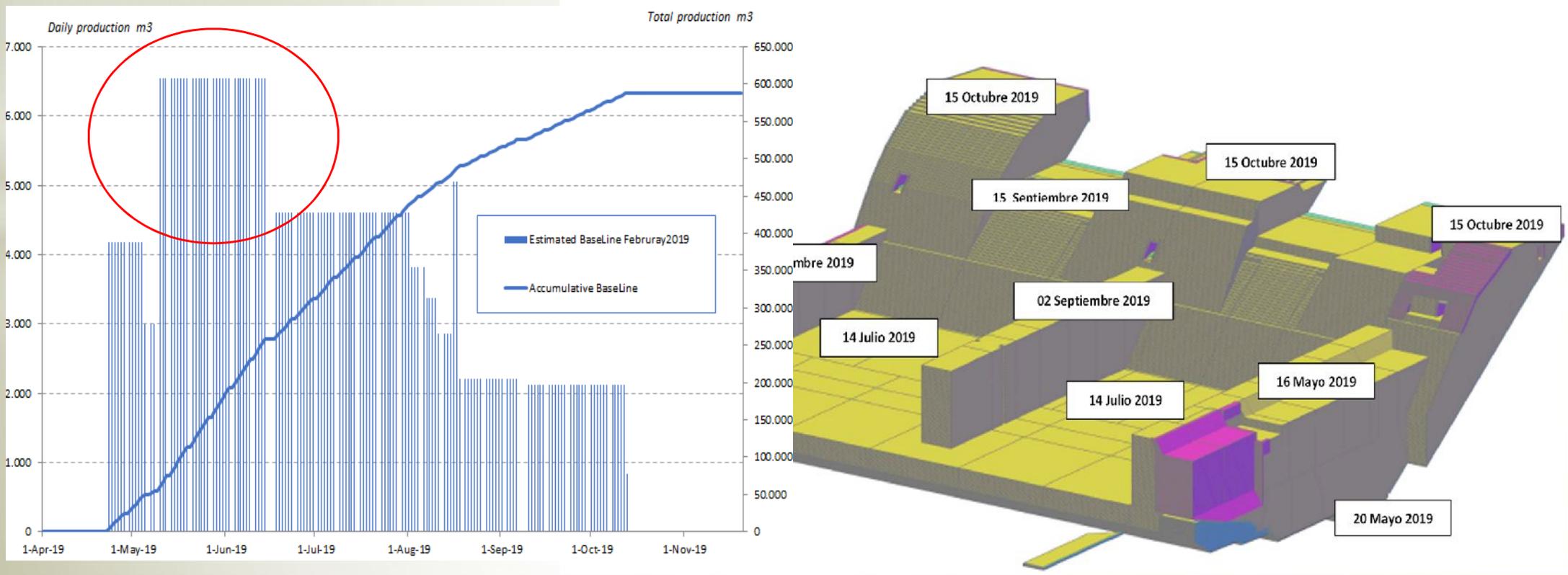
- Dam&Core

515K m3



SITE C - Cimentación HCR Retos. Producción HCR 2019

Diseño complejo y Elevados volúmenes



SITE C - Cimentación HCR

Retos. Producción HCR 2019

Comienzo temprano → Depende de las condiciones climatológicas.
Finalización tardía → Depende de las condiciones climatológicas.

	Avg. of Apr	April - Daily average of ambient temperature																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2013	-0.7	1.0	2.4	-3.0	-8.4	-13.7	-9.0	-5.9	-5.5	-1.1	4.6	0.4	-0.2	0.5	-2.7	-1.1	-0.8	2.0	0.8	-0.3	-5.8	-3.3	2.8	5.5	7.0	9.5	9.9	4.0	1.2	-6.7	-6.1
2014	2.3	-7.8	-7.1	-6.2	-2.8	1.5	5.1	6.6	7.1	3.9	5.8	-5.1	-2.7	0.9	5.1	0.5	-2.3	-3.5	2.7	5.9	7.0	7.0	7.3	0.5	0.2	3.4	3.6	4.2	7.0	10.2	12.1
2015	5.0	1.0	2.0	0.6	-0.0	-0.2	1.8	4.1	6.9	10.3	7.8	4.0	3.1	4.8	5.4	4.8	7.0	3.5	4.8	8.1	11.2	10.9	3.0	0.7	1.6	1.5	5.8	10.2	10.6	7.8	6.5
2016	7.4	10.9	9.5	4.3	2.7	3.9	6.8	9.3	8.5	5.0	3.3	8.0	6.6	1.3	1.3	6.6	9.0	12.2	17.1	10.1	5.6	7.6	5.1	3.7	3.9	7.7	8.6	11.3	11.8	10.4	10.5
2017	2.3	5.4	3.6	3.3	2.9	5.3	6.1	4.7	4.2	5.5	4.9	2.2	2.4	-0.1	-0.5	-0.1	0.4	-4.1	-6.6	-1.4	0.6	1.3	0.6	-1.0	0.9	1.4	2.6	5.3	6.6	6.9	6.8
2018	0.1	-11.5	-9.9	-9.6	-10.8	-13.0	-12.7	-10.1	-6.1	-0.1	-1.5	-2.5	-1.9	1.9	3.6	0.4	-3.3	-2.3	2.0	4.5	6.2	4.8	4.7	7.2	9.6	9.4	11.2	13.5	9.5	3.8	7.0
Avg	2.7	-0.2	0.1	-1.8	-2.7	-2.7	-0.3	1.4	2.5	3.9	4.1	1.2	1.2	1.6	2.0	1.8	1.7	1.3	3.5	4.5	4.1	4.7	3.9	2.7	3.9	5.5	6.9	8.1	7.8	5.4	6.1

Temperatura Ambiente > 5°C (2013-2018)

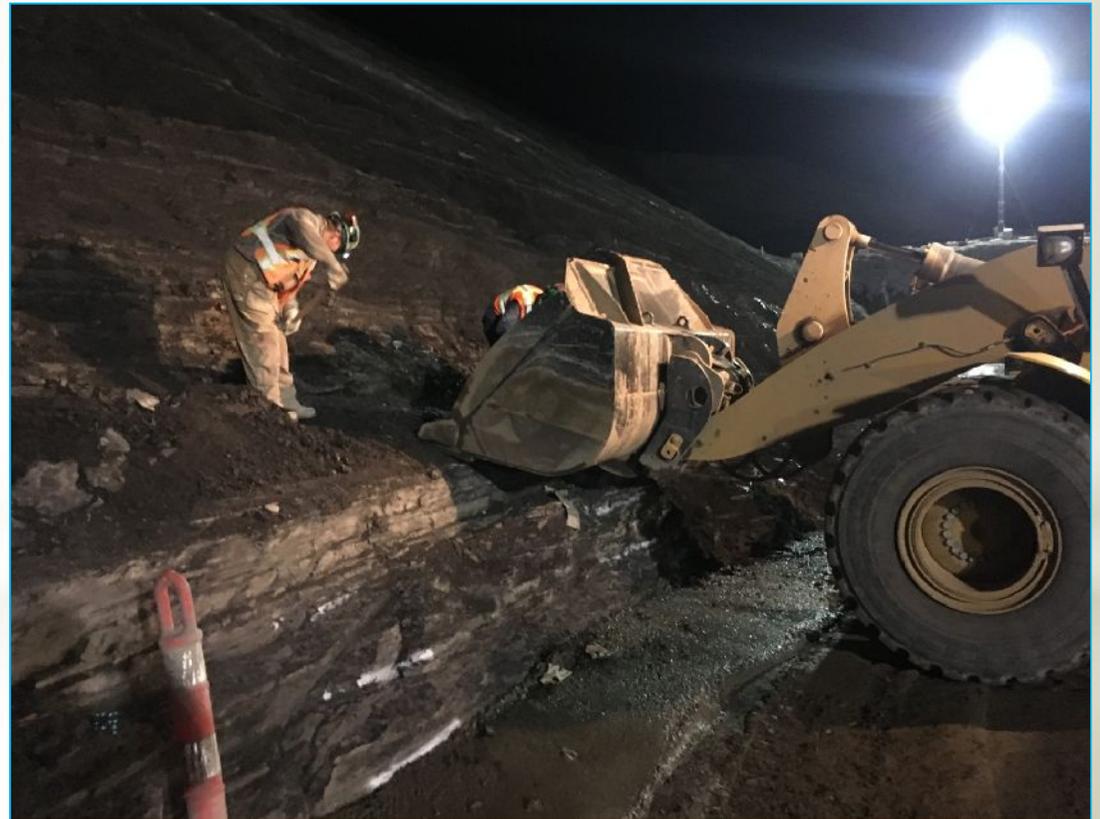
SITE C - Cimentación HCR

Retos. Preparación de la cimentación



SITE C - Cimentación HCR

Retos. Preparación de la cimentación

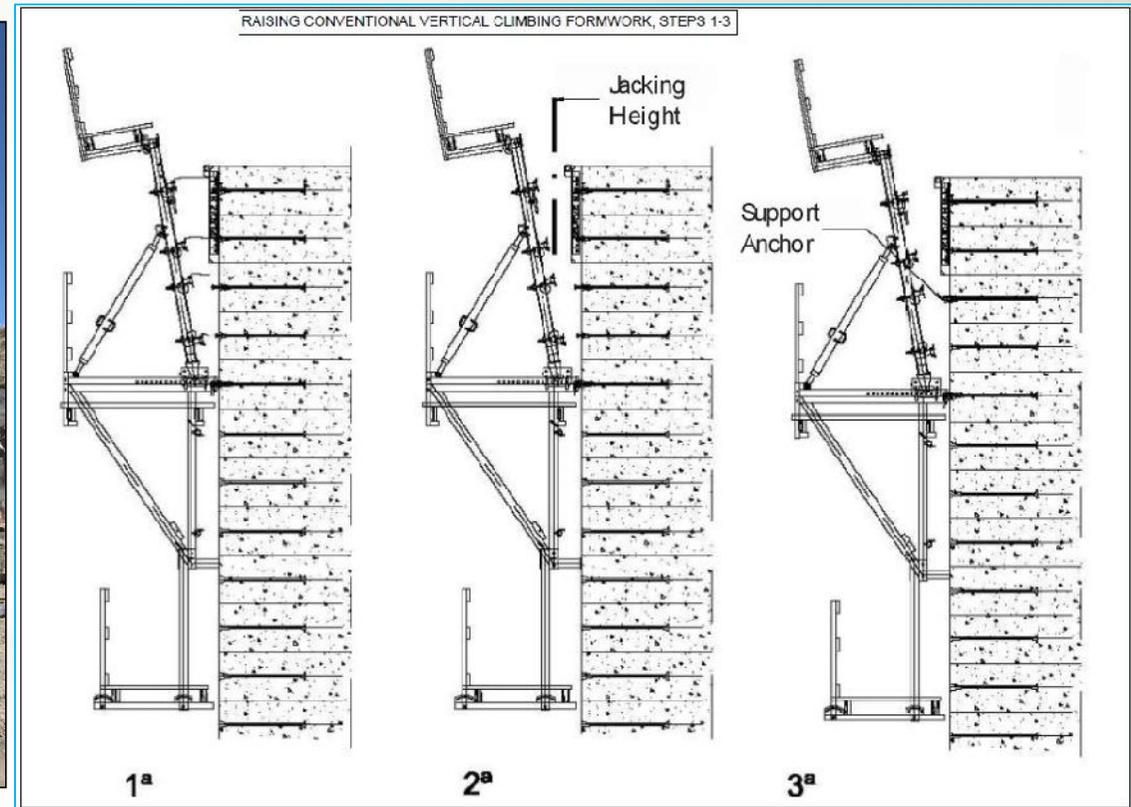


SITE C - Cimentación HCR

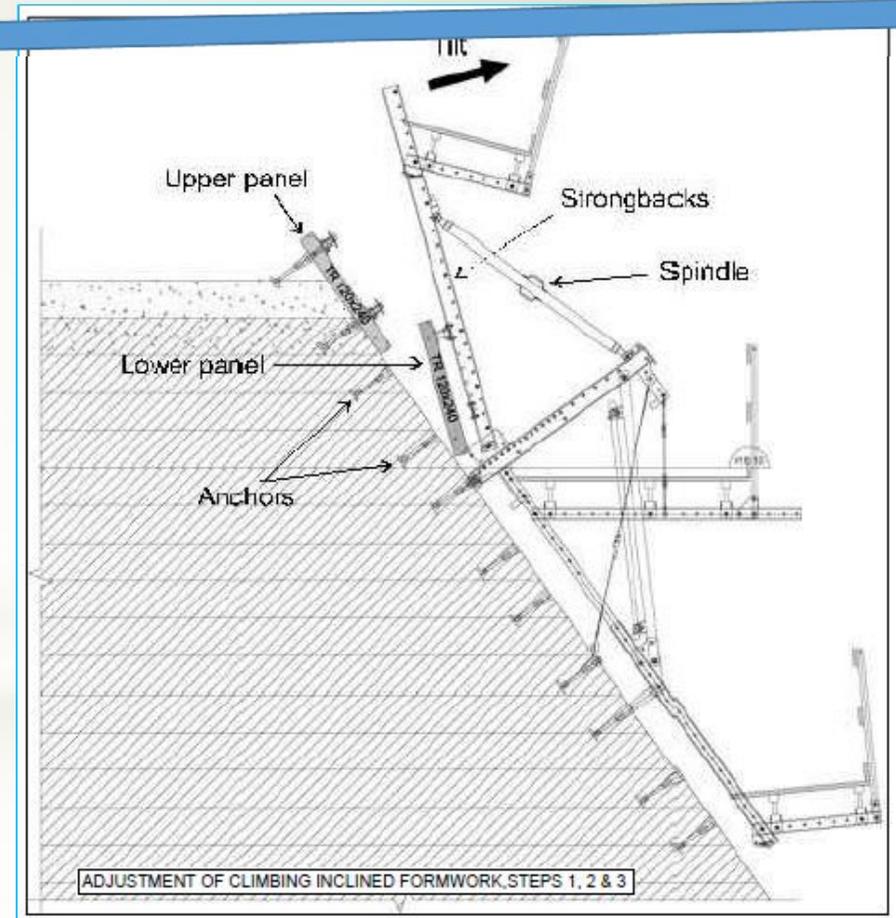
Retos. Preparación de la cimentación



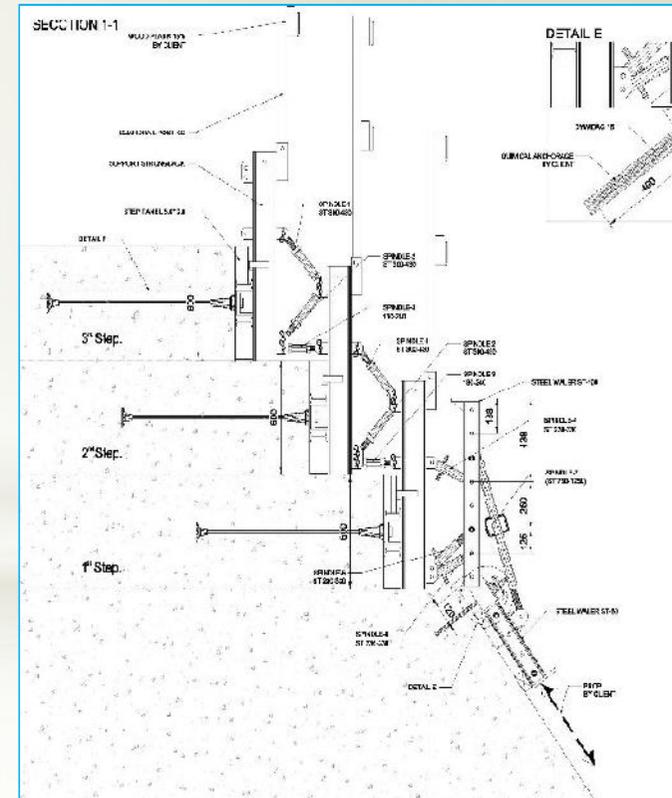
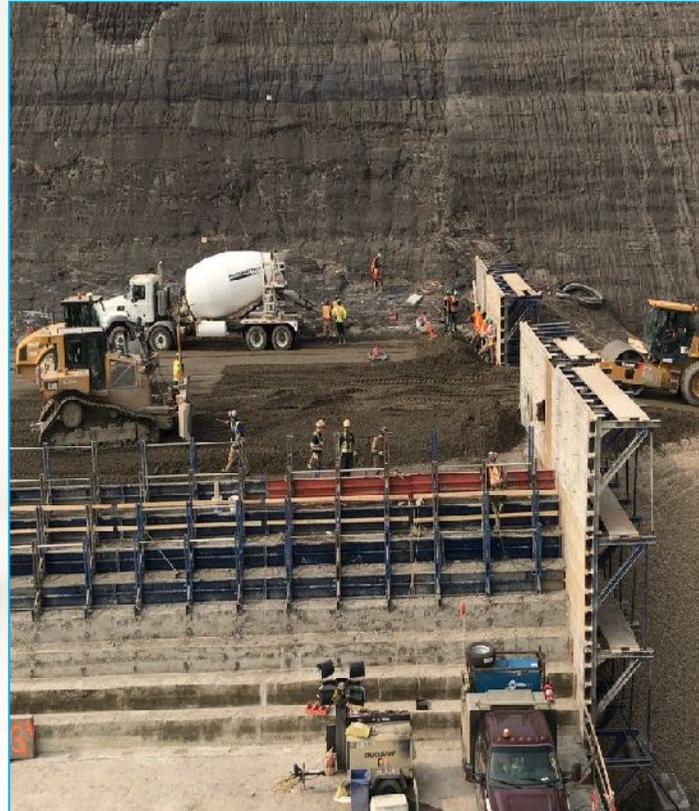
SITE C - Cimentación HCR Encofrados



SITE C - Cimentación HCR Encofrados



SITE C - Cimentación HCR Encofrados



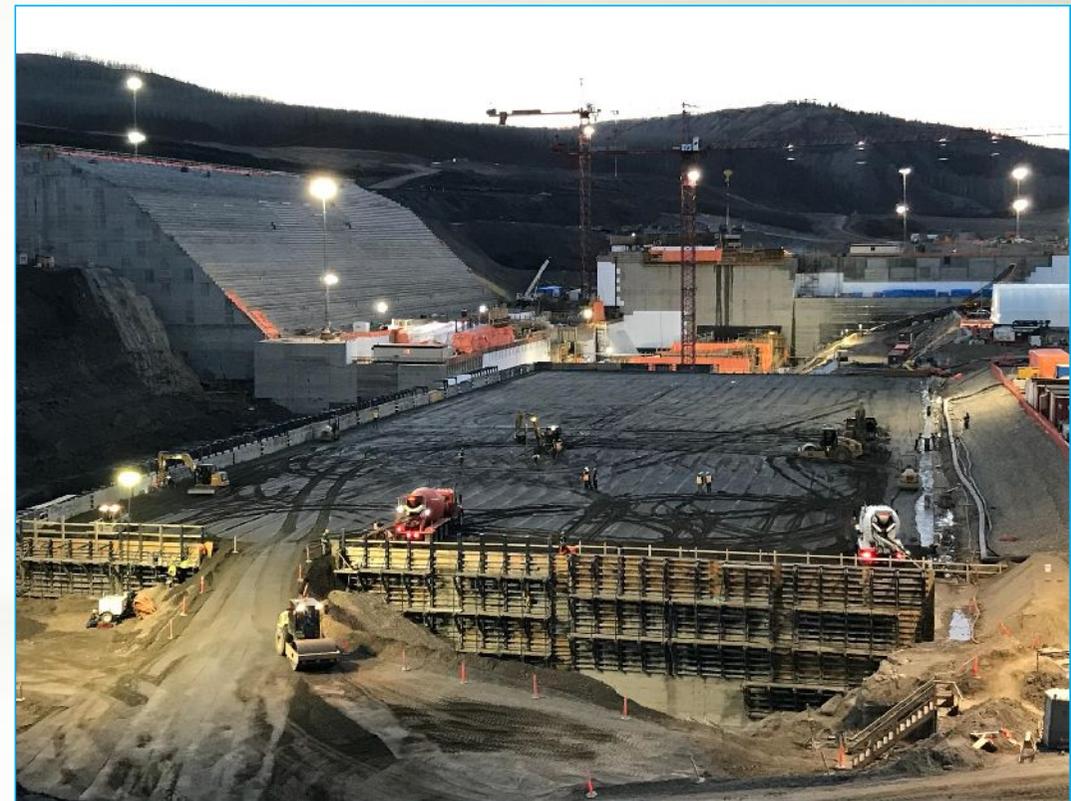
SITE C - Cimentación HCR Encofrados. Anclajes



SITE C - Cimentación HCR Juntas. Water-stop



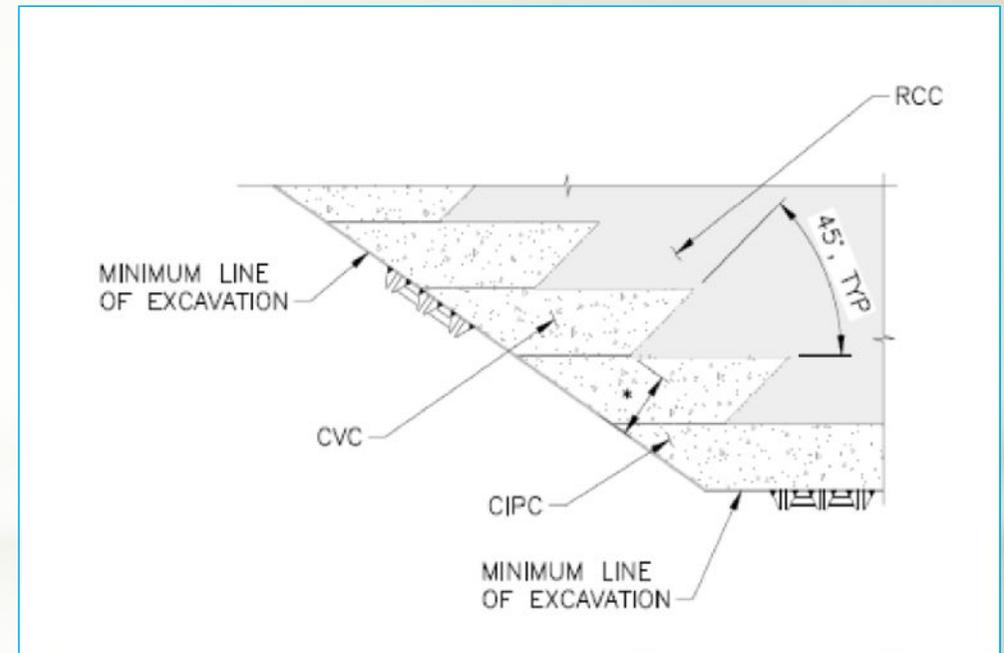
SITE C - Cimentación HCR Puesta en obra



SITE C - Cimentación HCR Puesta en obra



SITE C - Cimentación HCR Colocación del hormigón convencional



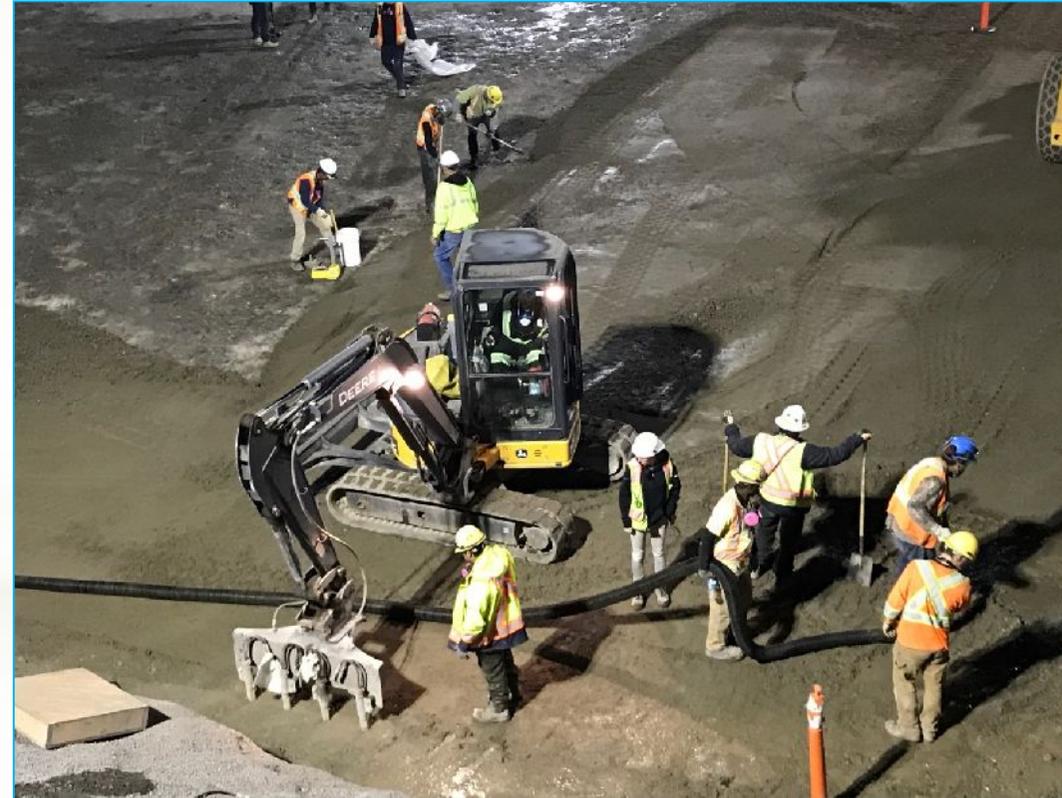
SITE C - Cimentación HCR Colocación del hormigón convencional



SITE C - Cimentación HCR Colocación del GEVR



SITE C - Cimentación HCR Compactación y vibración CVC/ GEVR



SITE C - Cimentación HCR Compactación y vibración CVC/ GEVR



SITE C - Cimentación HCR Juntas de contracción



SITE C - Cimentación HCR Ensayos “in situ”



SITE C - Cimentación HCR Ensayos de laboratorio



SITE C - Cimentación HCR Acabado y curado



SITE C - Cimentación HCR Acabado y curado



SITE C - Cimentación HCR Acabado y curado



SITE C - Cimentación HCR Tratamiento de juntas



SITE C - Cimentación HCR Tratamiento de juntas



SITE C - Cimentación HCR Limpieza



SITE C - Cimentación HCR Limpieza



SITE C - Cimentación HCR Protección térmica durante el invierno



SITE C CLEAN ENERGY PROJECT (CANADÁ)

Cimentación Hormigón Compactado con Rodillo



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN