



RC 2018 xvii Reunión
del **CONCRETO**

El evento del Cemento, el Concreto y los Prefabricados

*Diferencias, similitudes y
comportamientos entre
los concretos de 1904 del
Canal de Panamá y 2016
en el Canal Ampliado.*



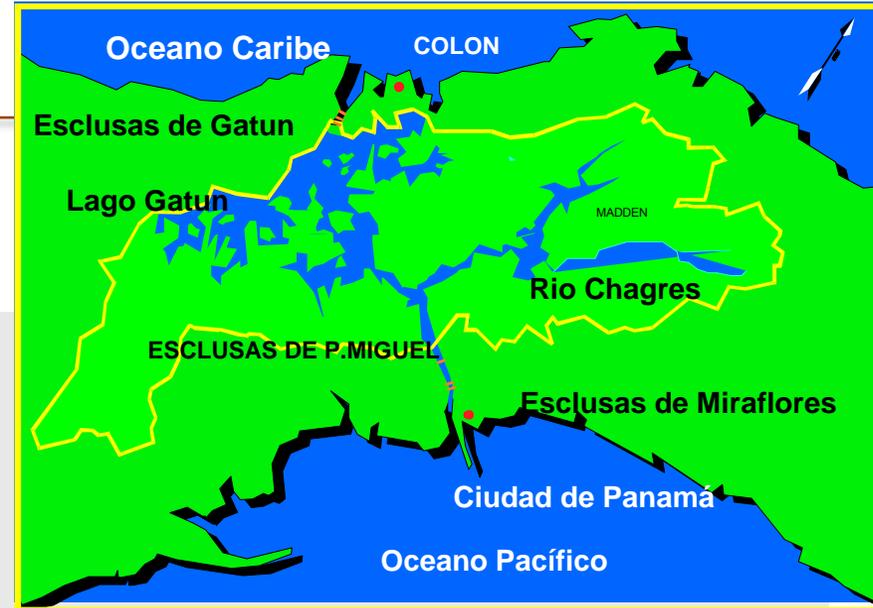
AGENDA

- Los 104 Años de los Concretos del Canal de Panamá
 - Antecedentes del Canal de Panamá
 - Generales de los Concretos de la Época,
 - Metodología de vaciado
- Generales del Concreto del Canal Ampliado
 - Diseños de mezcla, producción, Control de calidad, Metodología de vaciado

Antecedentes del Canal de Panamá



1904 - 1914 Construcción de las Esclusas del Canal de Panamá por los Estados Unidos



Construcción del Canal de Panamá



MV - ANCON

1er. Tránsito el 15 de Agosto de 1914



Transferencia del Canal de Panamá a Manos Panameñas



Ceremonia de Reversión del Canal de a la Republica de Panamá

Medio día del 31 de diciembre de 1999



El Canal de Panamá

- El Canal de Panamá inició operaciones el 15 de agosto de 1914 (104 Años)
- Tiene 80 km de largo entre el océano Atlántico y el Pacífico
- Es un canal de esclusas que opera con agua dulce de sus rios y lagos.
- Por gravedad Se utilizan 52 millones de galones de agua dulce para el transito de un buque.
- El lago Gatún con una elevación de 27mts. sobre el nivel del mar, sirve de cruce sobre la división continental.



Tiempo de Transito: 11 horas

Tiempo de espera y Transito: 18 a 30 horas

Concretos de la Época de la Construcción del Canal de Panamá



Resistencia del Concreto

- En algunas áreas del muro de las esclusas, la resistencia del concreto oscilaban entre:
 - 1,800 psi
 - 3,000 psi
- En otras áreas de las Exclusas, piso, túneles, etc):
 - entre 1,200 psi, a 800 psi y 700 psi
 - La estructura no contemplaba el Acero de Refuerzos
 - La estructura esta compuesta de un concreto masivo
- No existía en aquel momento un control de calidad
- El Cemento venia desde los Estados Unidos en Barriles

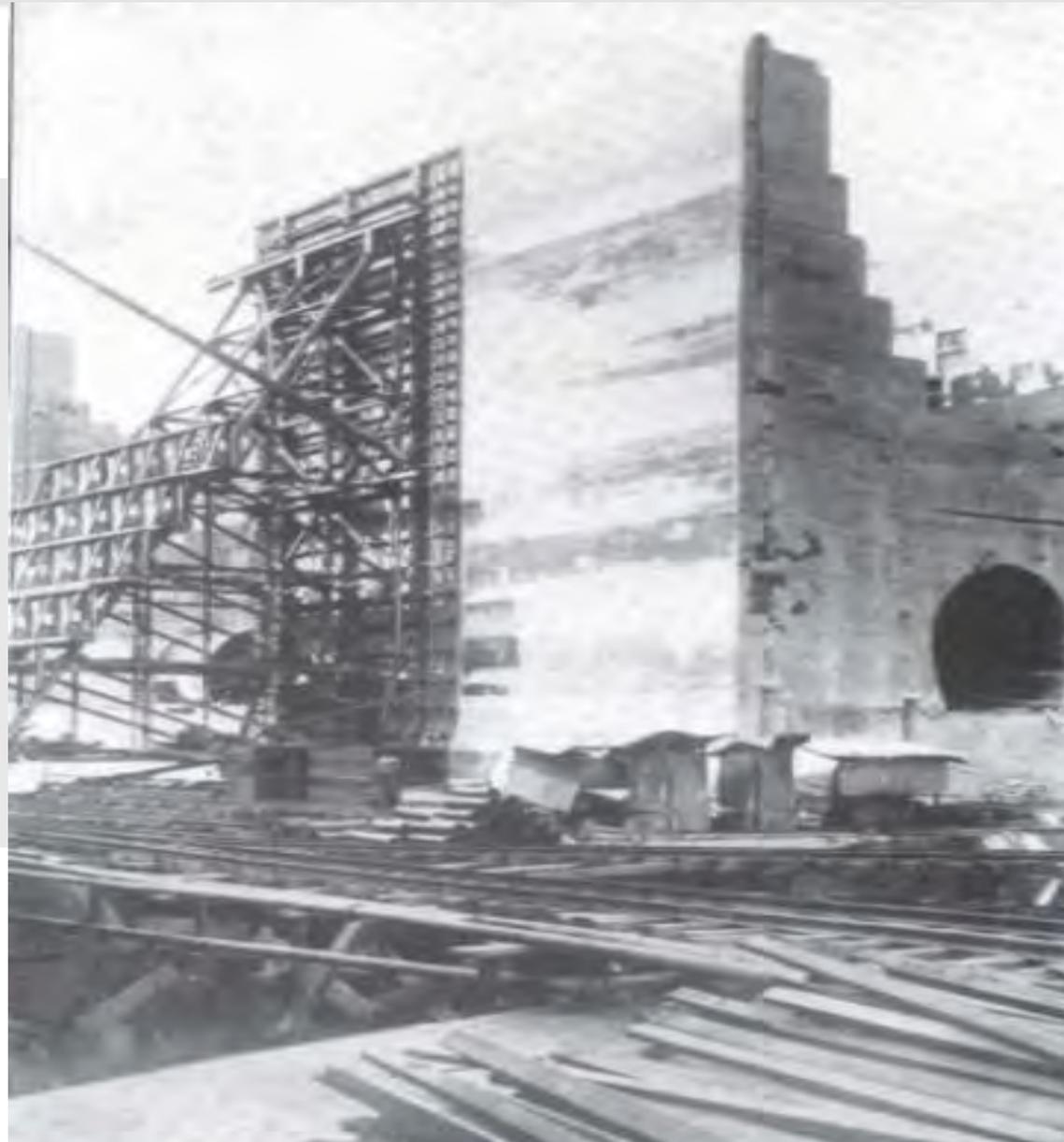
CONSTRUCCIÓN DE LAS ESCLUSAS



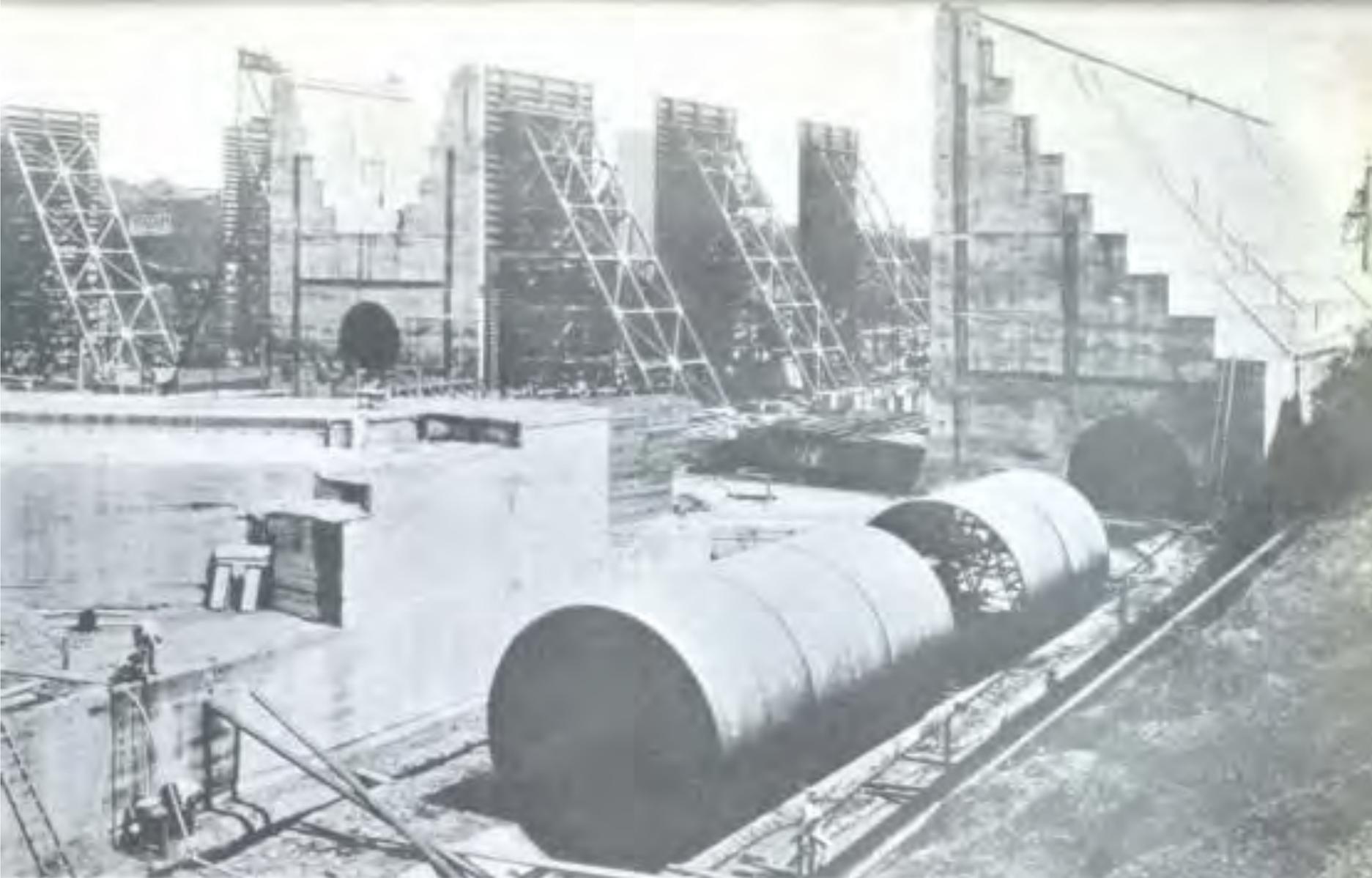
CONSTRUCCIÓN DE LOS MUROS DE LAS ESCLUSAS



FORMALETA RODANTE DEL MURO CENTRAL



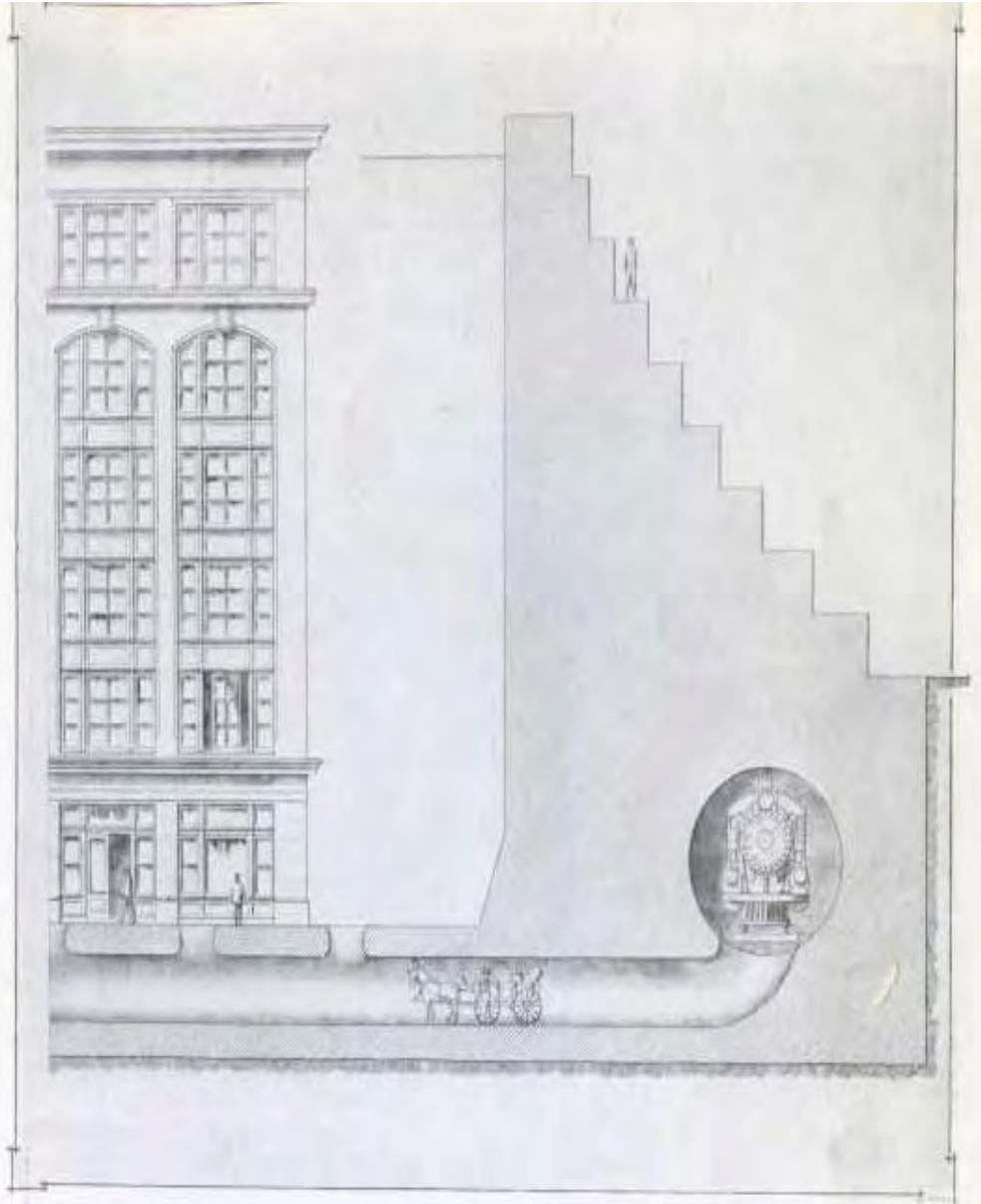
CONSTRUCCIÓN DE LAS ALCANTARILLAS PRINCIPALES



CONSTRUCCIÓN DE LAS ALCANTARILLAS PRINCIPALES

- **Formaletas de Barriles de acero colapsables**
- **Montados sobre ruedas para facilitar su remoción**
- **Construidas para soportar 5 años de uso continuo**
- **Existían 33 formaletas de acero de 12' de largo para los niveles superior y medio**
- **Cada una pesaba no menos de 14,443 libras**

LA CAMARA DE LAS ESCLUSAS

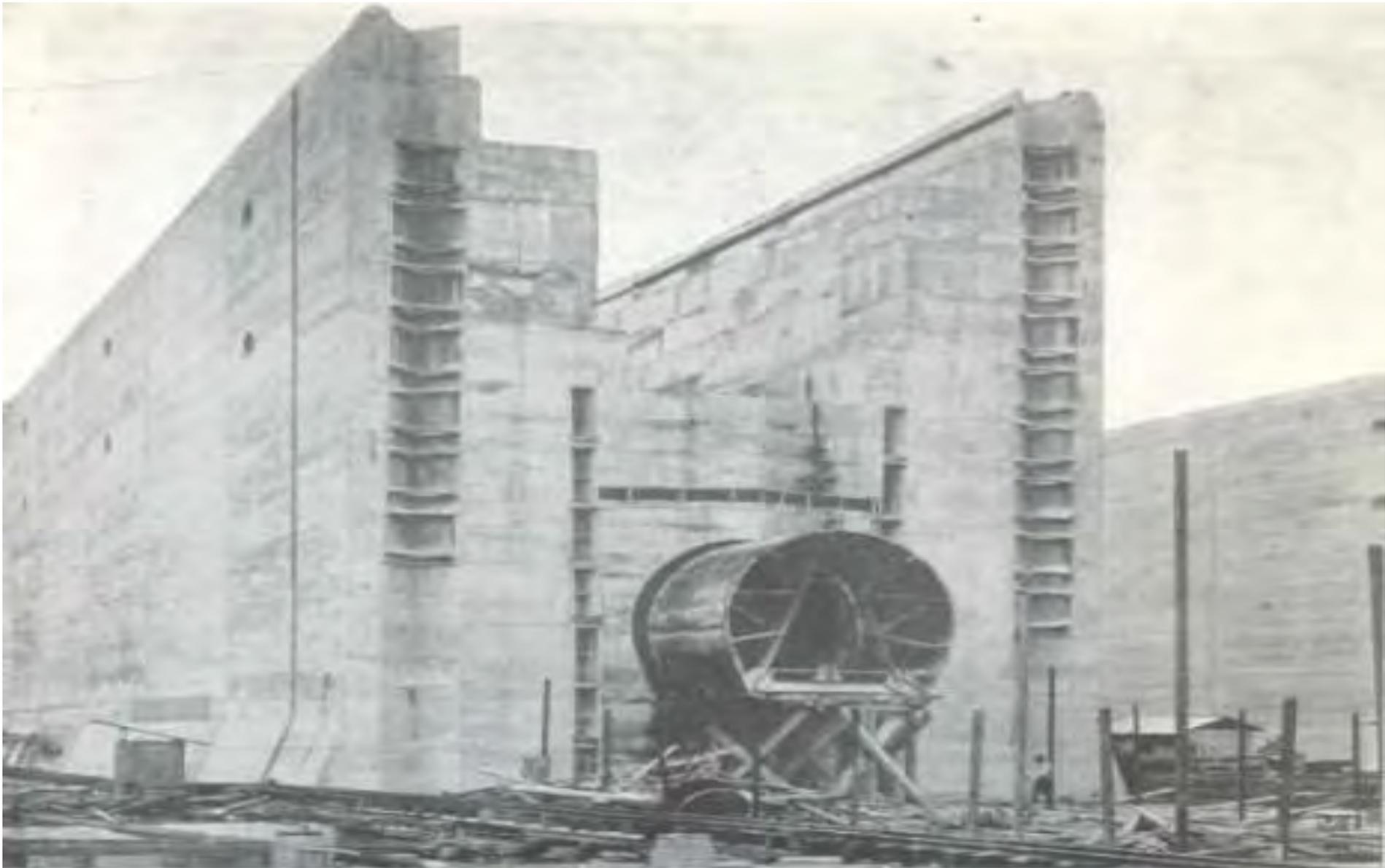


- El Muro de la cámara tiene una altura equivalente a un edificio de 6 pisos

LA CAMARA DE LAS ESCLUSAS



VISTA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO CENTRAL



GRÚA DE APOYO SOBRE RIELES



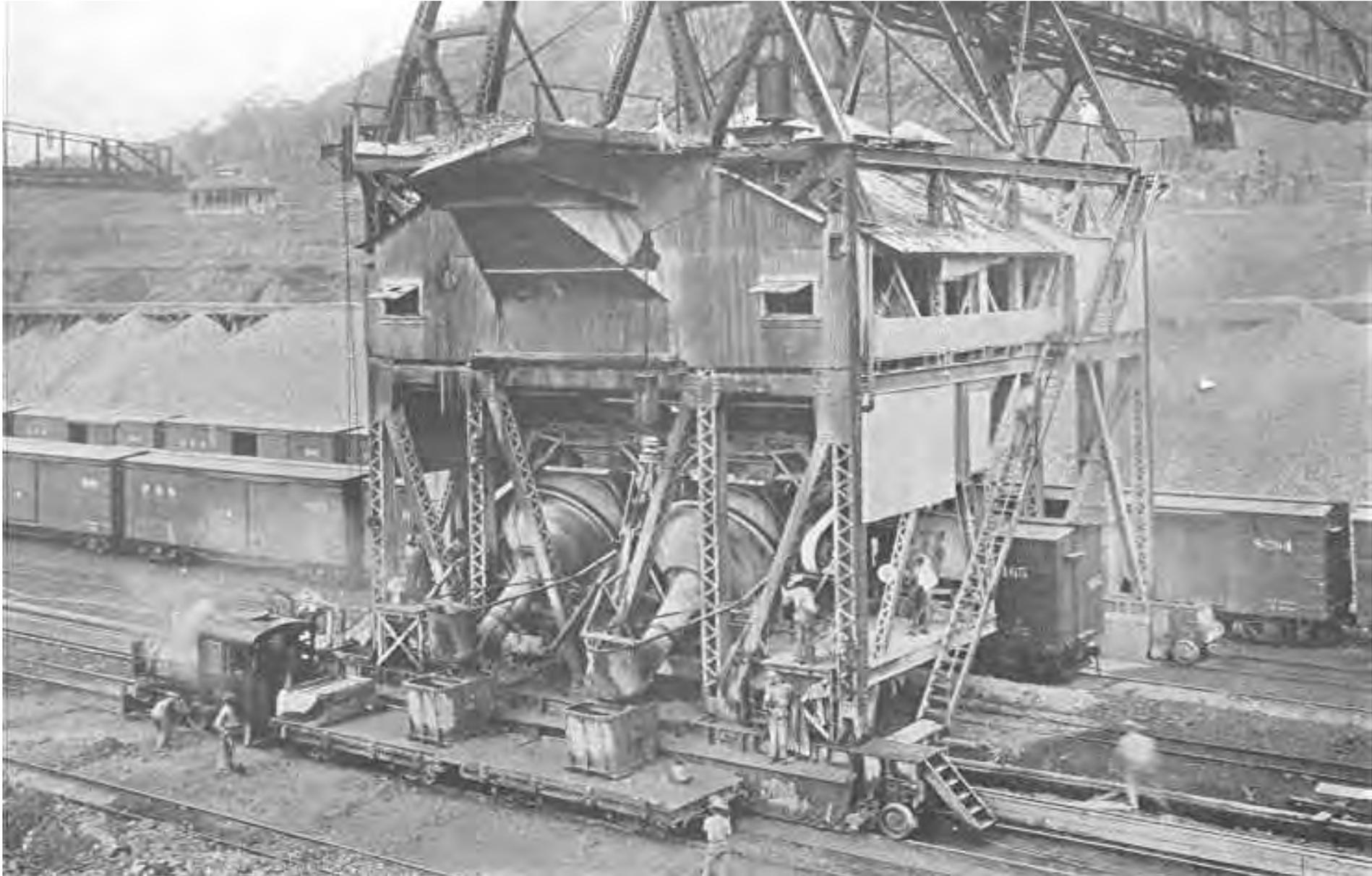
MAQUINARIA PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES

- Para manejar millones de toneladas de piedra, arena y cemento requeridas para la construcción de las estructuras de las Esclusas, se creó “La Maquinaria Ingeniosa”
- Su función era de seleccionar las proporciones correctas de piedra, arena y cemento y la mezcla de material

“LA MAQUINA INGENIOSA”



MEZCLADORA DE CONCRETO



Mezcladoras y Distribuidoras de Concreto



VACIADOS DE CONCRETO



Grúas de Cable

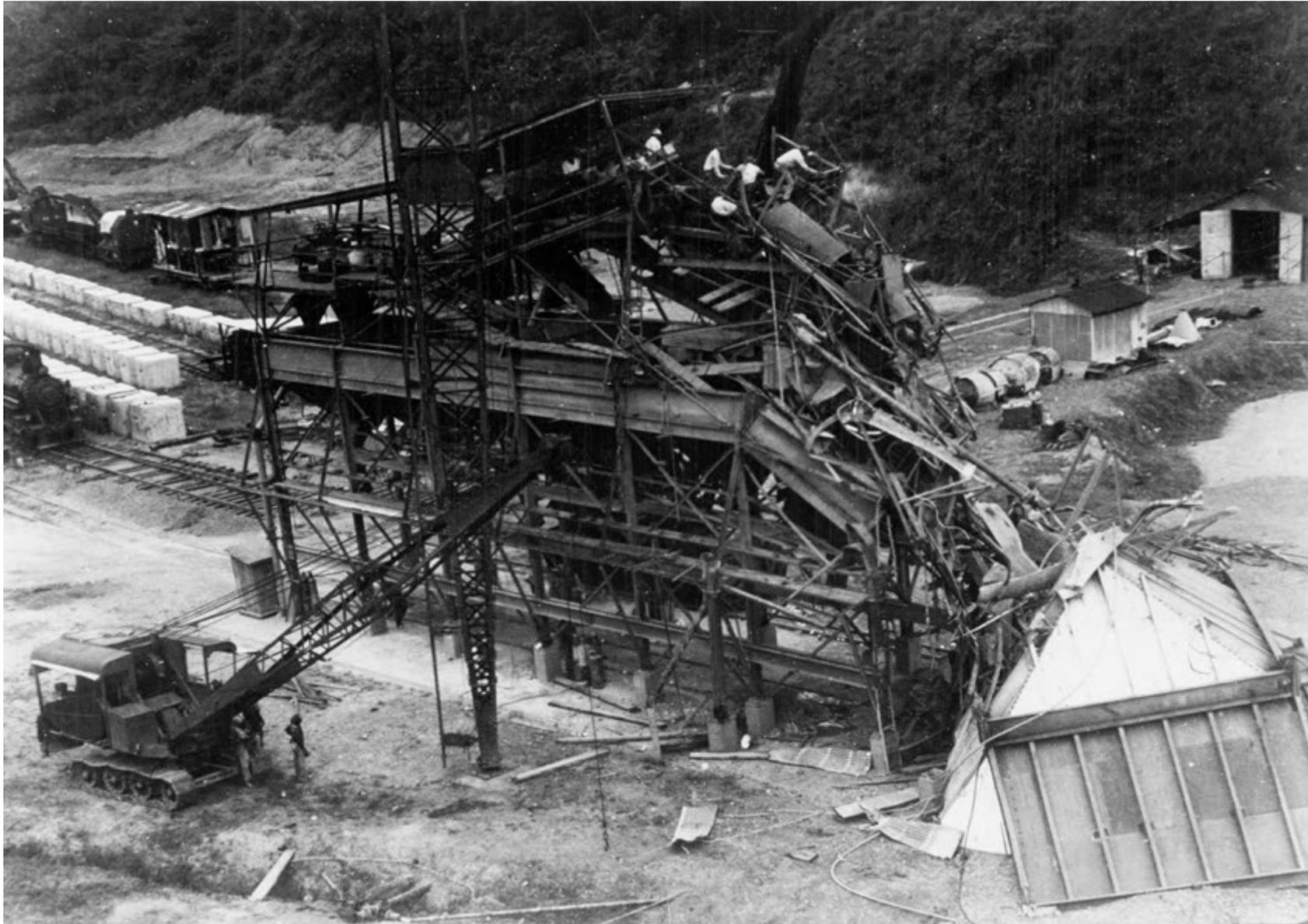


Primer Vaciado de Concreto (Agosto 24, 1909)



Esclusas de Gatun

Colapso de la Planta de Agregado



Transporte de Concreto

Vagones de Transporte de Concreto

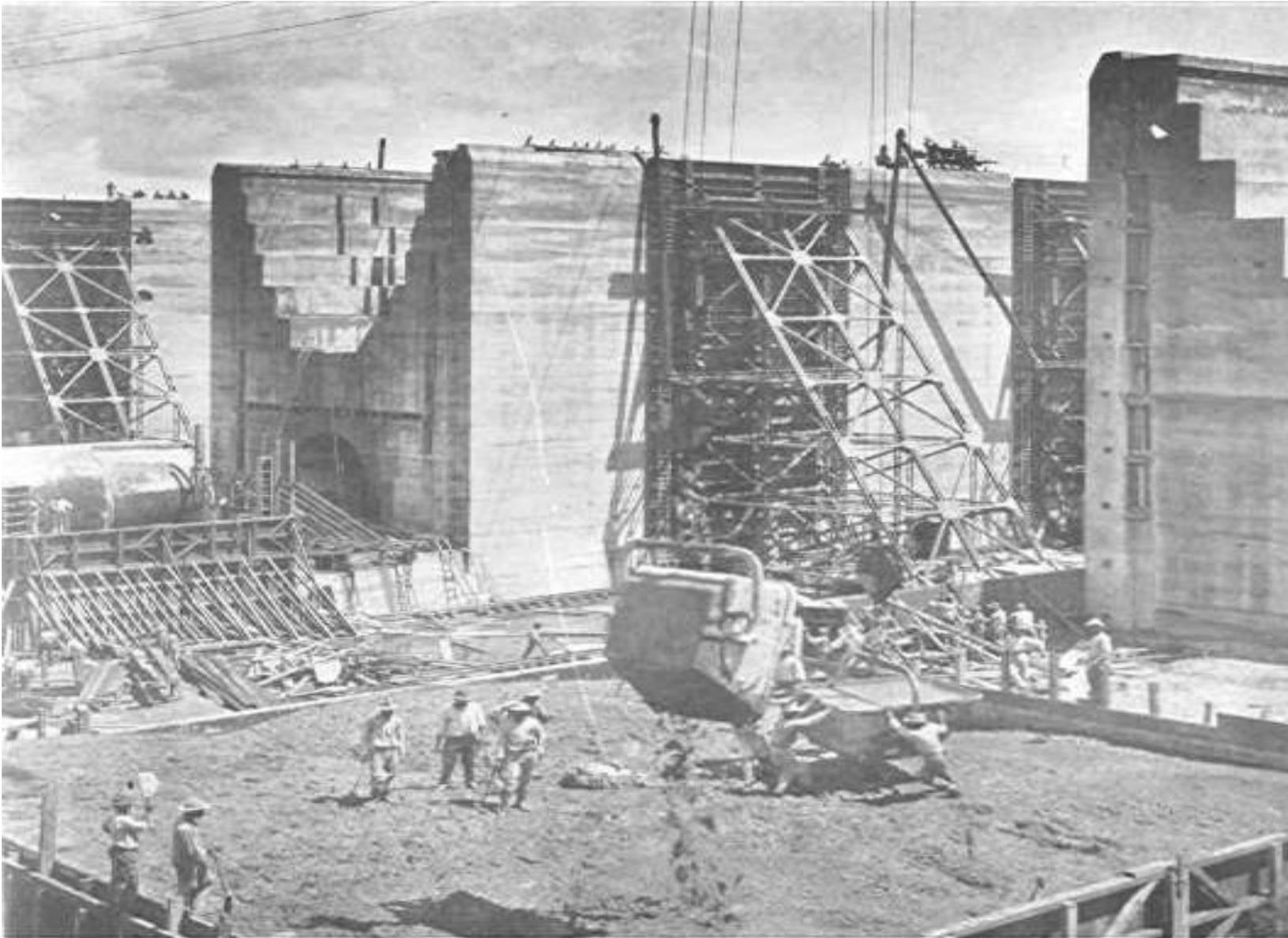


Estación de Abastecimiento de Concreto

Otros Equipos de Vaciados



VACIADO DE LOSA DE CONCRETO



Vaciado de la Losa de Piso de las Esclusas del Canal



CONSTRUCCIÓN DE LAS ALCANTARILLAS LATERALES



VACIADO DEL PISO Y LAS ALCANTARILLAS LATERALES



Vaciado del Nicho de las Compuertas



© Panama Canal Commission

Un Día de Trabajo en la Construcción del Canal...



Vaciados de Concreto de la Construcción del Canal de Panamá

Giant cranes and cableways
conveying concrete for build-
ing the great walls of the
locks.

El Canal Ampliado



Objetivos del Canal Ampliado

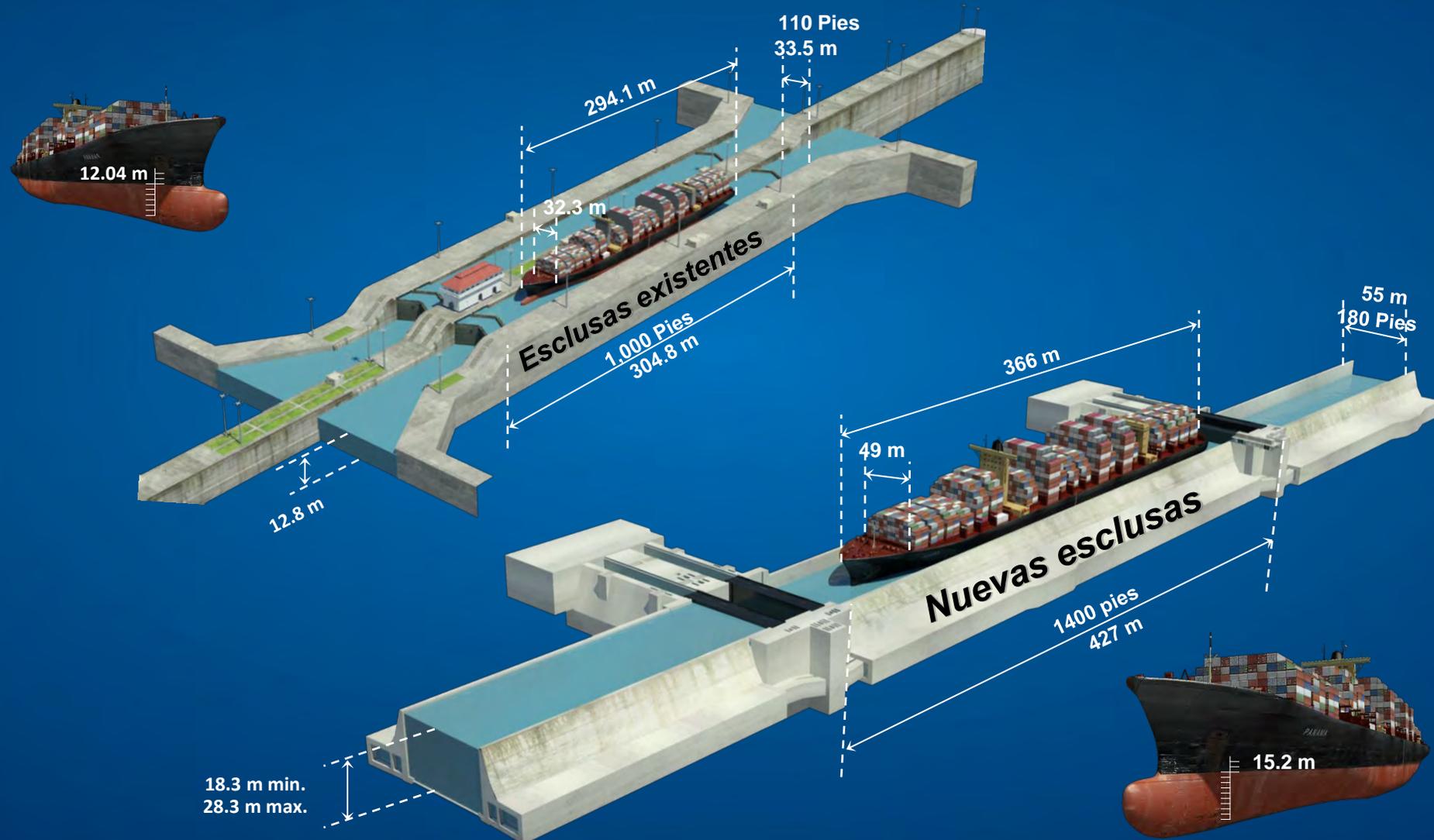
- Mantener la competitividad del Canal y el valor de la ruta marítima por Panamá
- Permitir que buques más grandes transiten entre los océanos Atlántico y Pacífico, y maximizar la capacidad.
- Optimizar el consumo de agua con el uso de tinajas de ahorro de agua
- Incrementar la productividad, seguridad y eficiencia del Canal
- Mantener el incremento de tonelaje, rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo, el crecimiento de la economía de Panamá

Construcción de Las Esclusas Ampliadas



Dimensiones de Esclusas y Buques

Tamaño máximo de buques en esclusas existentes: **4,400 TEU**



Tamaño máximo de buques en esclusas nuevas: **13,000 – 14,000 TEU**



Cámaras de las Esclusas Ampliadas 427 mts longitud



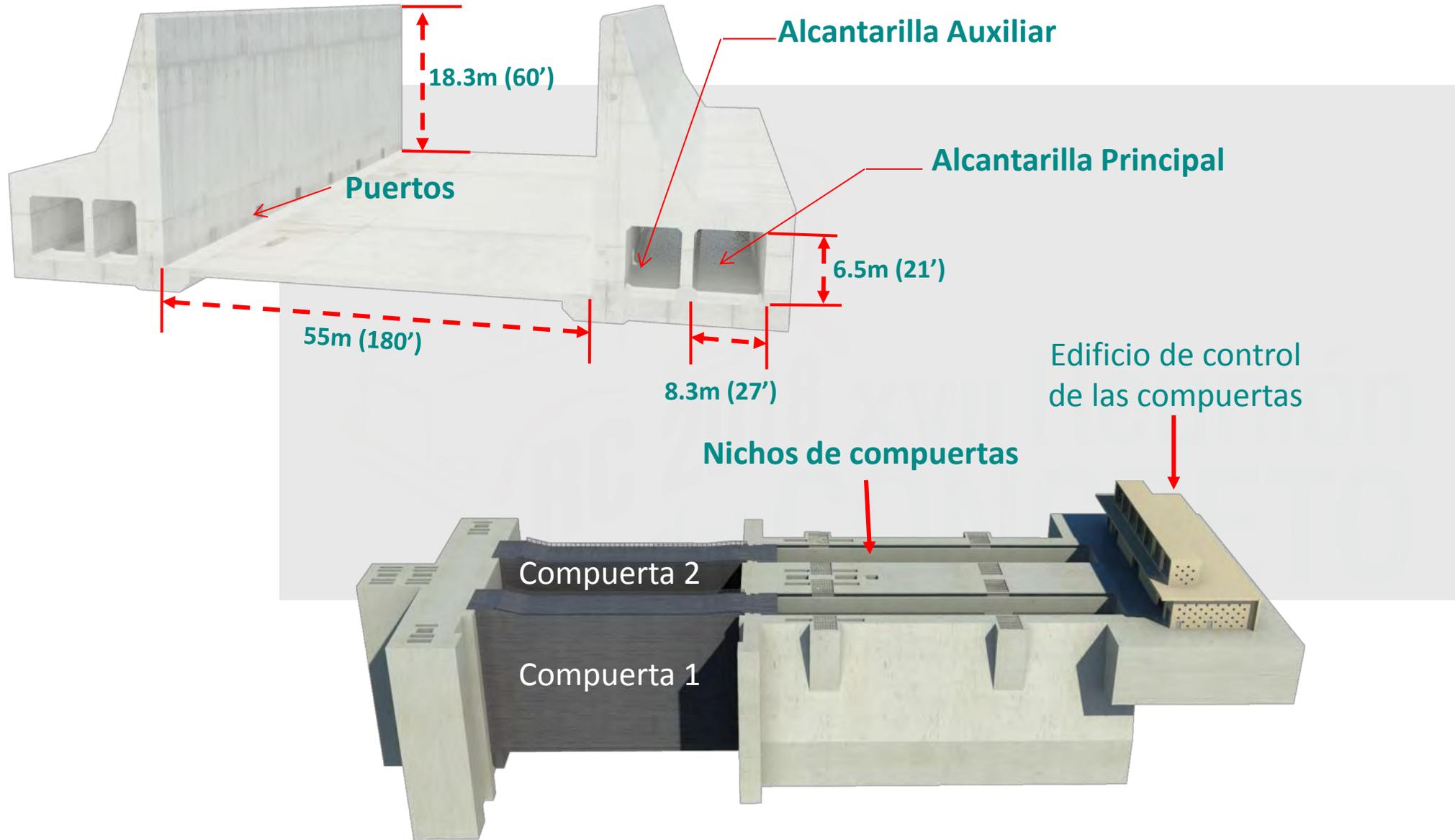
3 X esclusas

Cámaras de las Esclusas Ampliadas 427 mts longitud



La Longitud de cada una de las cámaras
equivalen a la altura del edificio del Empire
State de Nueva York. 381 x 3

Nuevas Esclusas



Concretos de las Estructuras del Canal Ampliado del Canal De Panamá



GENERALES DE LOS CONCRETOS DE LA AMPLIACIÓN DEL CANAL DE PANAMÁ

- Requisitos:
 - Permitir vida de diseño funcional de 100 años para la estructuras de las cámaras y tinajas de las esclusas
 - Cumplir con requisitos para estructuras que retienen agua
 - Relación agua/cemento máximo de .4
 - Permeabilidad máxima de 1,000 Coulombs de acuerdo a ASTM C 1202
 - Control de diferencia entre temperatura interna y externa

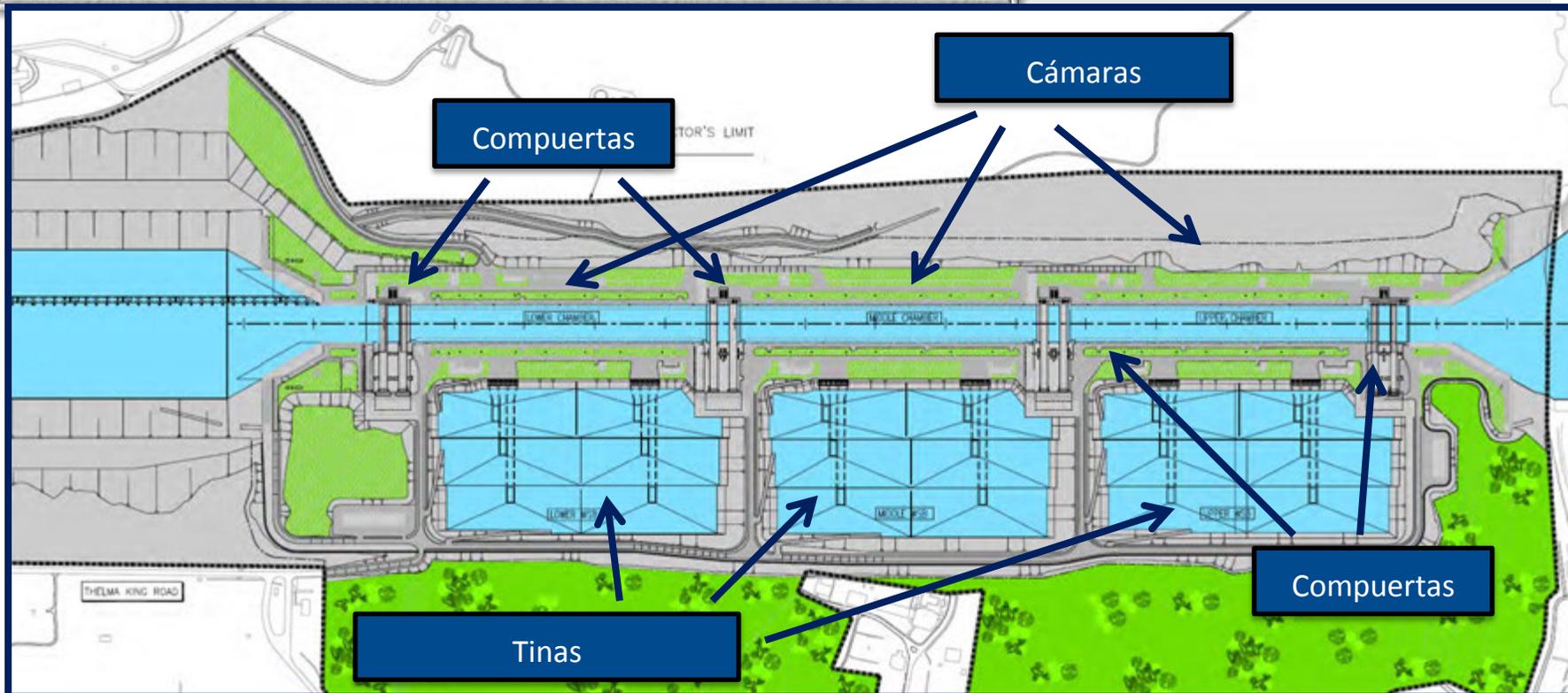
Proyecto de Esclusas

- Volumen total de Concreto vaciado = 4.7 millones de mts.³
 - Atlántico – 2.2 millones de m3
 - Pacífico - 2.5 millones de m3

Acero = 192 mil ton

Atlántico – 85 mil ton

Pacífico – 107 mil ton



Mezclas

- **Cemento**
 - Atlántico – Cemento Panamá (Hoy Argos)
 - Pacifico – CEMEX
- **Puzolana – entre 12% y 25%**
- **Microsílice – entre 5% y 8%**
- **Agregados: Basalto (grueso como fino)**
- **Tomas de Agua**
 - Atlántico – Lago Gatún
 - Pacífico – Lago Miraflores

Distribuidores del Material de Cemento

- (Cemento Panama S.A.) Hoy Cemento ARGOS, contratado por GUPC para la distribución del Cemento y la Puzzolana para la construcción de las Esclusas en el sector Atlántico y Sector Pacífico .
- CEMEX, empresa Mexicana, contratada para suplir el Cemento para la construcción de las Esclusas en el sector Pacífico .

Tipos de Concretos

Clase I	Estructural marino	Estructuras de esclusa
Clase II	Masivo interior	Encapsulado por est marino
Clase III	Estructural	Edificios y otros
Clase IV	Pobre	Nivelación y relleno
Clase V	Tremie	
Clase VI	Miscelánea	No estructural
Clase VII	Pérvio	Drenaje bajo losas
Clase VII	Estructural prefabricado	Tapas
Clase IX	Estructural marino de alta resistencia	Áreas de flujo de alta vel.
Clase X	Estructural marino de alta resistencia puertos	Puertos

Tipo de Concretos - Esclusas

- **Concreto Estructural Marino**
- **Concreto de Relleno (Masivo Interior)**
- **Concreto Estructural**
- **Concreto de Nivelación**
- **Concreto Estructural Marino de Alta Resistencia a la Abrasión**

Tipo de Mezclas

Áreas de baja salinidad < 0.6 g/l	Muros de aproximación – lago	Puzolana, puzolana + micro sílice, puzolona + arena superfina
	Muros en ala – lago	
	Nicho #1	
	Nivel superior	
Áreas de moderada salinidad < 4.6 g/l	Nicho #2	Puzolana, puzolana + micro sílice, puzolona + arena superfina
	Nivel medio	
Áreas de alta salinidad < 19.2 g/l	Nicho #3	puzolana + micro sílice
	Nivel inferior	
Áreas de muy alta salinidad < 34 g/l	Nicho #4	puzolana + micro sílice
	Muros en ala – mar	

Control de Calidad (QC) y Aseguramiento de Calidad (QA)



Control y aseguramiento de calidad

- GUPC- control y aseguramiento de calidad. Utiliza un laboratorio independiente “Fall Line”
- ACP- aseguramiento de calidad. Utiliza un laboratorio independiente “Counter-con-Urbar”, laboratorio de la ACP y laboratorio de la UTP.

Pruebas de aseguramiento de calidad – ACP

- Cemento
- Granulometría de agregados gruesos y finos
- Módulo de finesa del agregado fino
- Revenimiento y temperatura
- Peso unitario y contenido de aire
- Resistencia a la compresión
- Permeabilidad
- Encogimiento
- Monitoreo de temperatura

Informe de No-Conformidad y Reparación



**Nivel medio oeste
Monolito M13**

Distintos Tipos de Concreto y Resistencias para Diferentes Areas



Concreto Estructural Marino

Características Principales:

- Utilizado para todo concreto reforzado expuesto de manera directa al agua, o ambiente agresivo
- Vida de diseño de 100 años, demostrado mediante modelaje numérico
 - Relación Agua/Cemento máxima menos que 0.40
 - Resistencia mínima a compresión $f'c = 35\text{MPa @ 90 días.}$
 - Recubrimiento mínimo = 75mm mínimo
 - Límites de temperatura:
 - Diferencial entre cualesquiera dos puntos del vaciado = 20 C° ,
 - Diferencial entre la superficie y el ambiente = 20 C° y
 - Temperatura máxima total de 70 C°

Concreto Reforzado – Expuesto al Agua y Ambiente Agresivo



Concreto De Relleno

- Características Principales:
- Usado en el núcleo de las estructuras de las esclusas siempre y cuando esté totalmente recubierto por Concreto Estructural Marino
- Resistencia mínima a compresión $f'c = 28\text{MPa @ 90 días}$.
- Límites de temperatura:
 - Diferencial entre cualesquiera dos puntos del vaciado = 20C°
 - Diferencial entre la superficie y el ambiente = 20C° y
 - Temperatura máxima total de 70C°

Concreto De Relleno



Concreto Estructural

- Características Principales:
- **Usado para edificaciones complementarias de las Esclusas**
- **Vida de diseño de 50 años,**
- **Relación Agua/Cemento máxima menos que 0.50**
- **Resistencia mínima a compresión $f'c = 21\text{MPa}$.**
- **Recubrimiento mínimo = 50mm en superficies exteriores**

Concreto de Nivelación

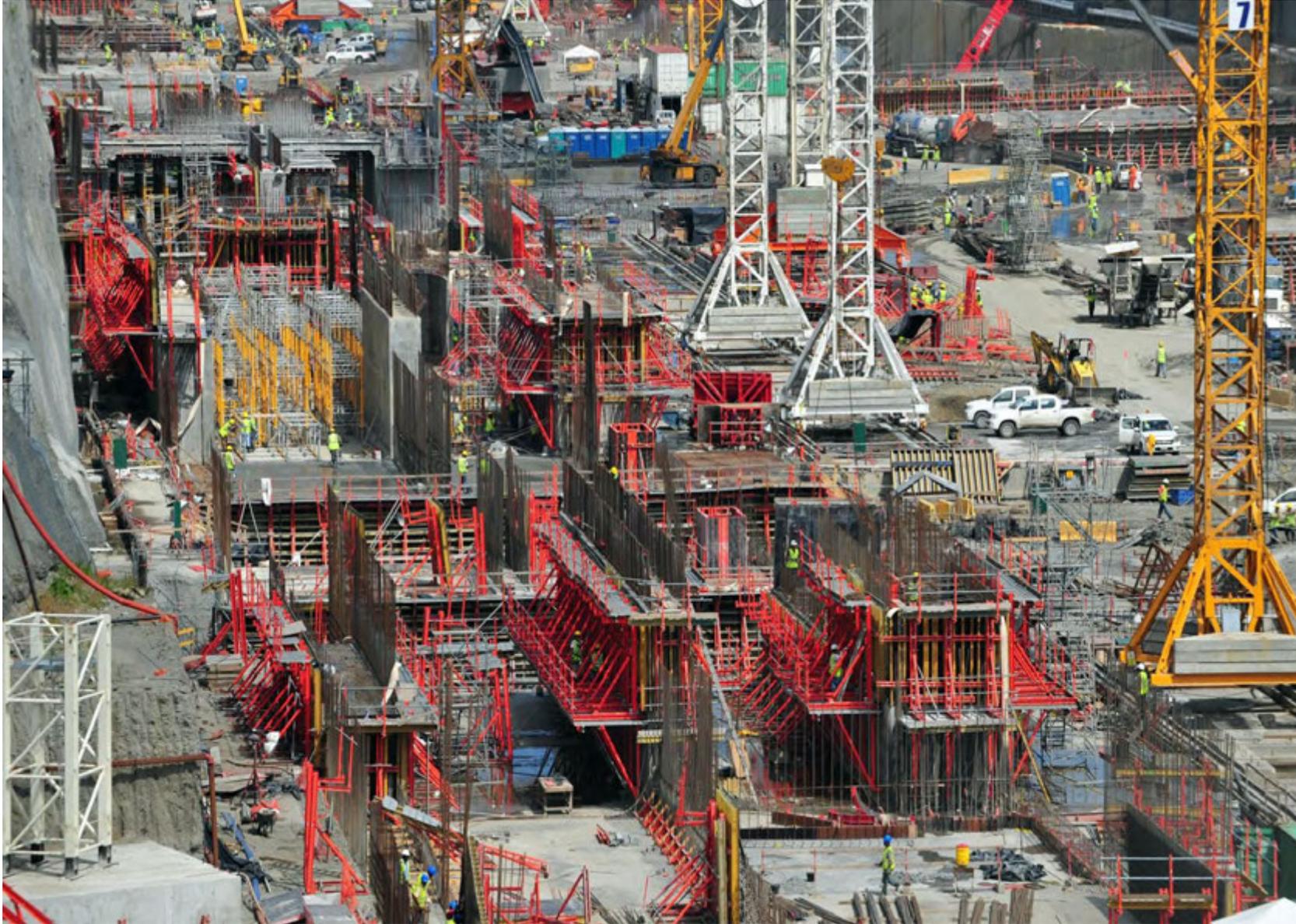
(85,000 M3 de Concreto de Nivelación)



Concreto de Nivelación

- Características Principales:
- Sin Acero de Refuerzo
- Utilizado para nivelación de superficies de roca sedimentaria (Formación Gatún) o protección de la superficie de grado de la excavación previo al inicio de los trabajos estructurales
- Solo utilizado en el Sector Atlántico
- Resistencia mínima a compresión $f'c = 15\text{MPa}$.

Concreto de Alta Resistencia a la Abrasión

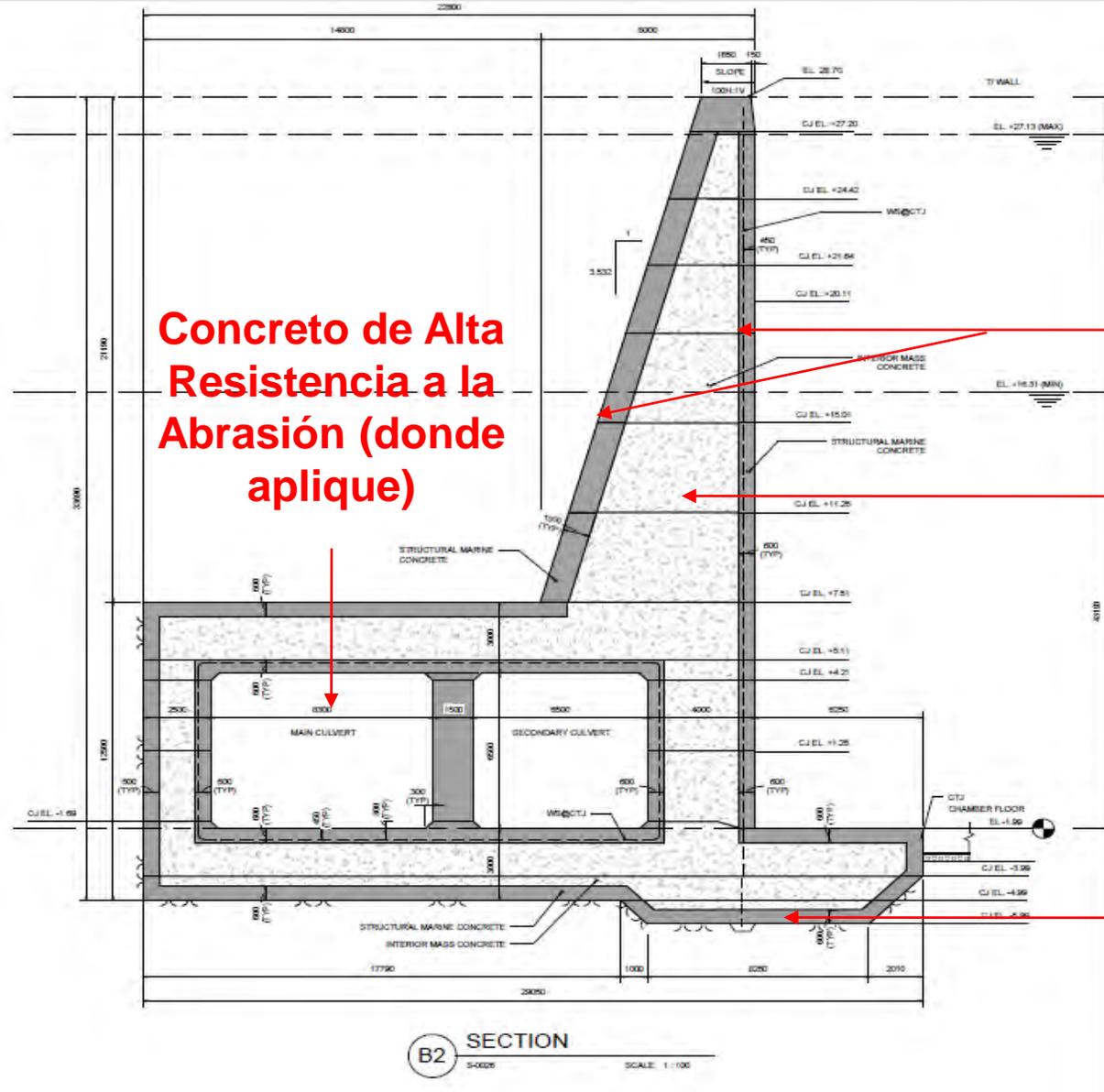


Concreto de Alta Resistencia a la Abrasión

Características Principales:

- **Utilizado en zonas de alta velocidad de flujo de agua en alcantarillas, donde la velocidad excede los 8 m/s. Principalmente se usa como recubrimiento en las zonas aguas abajo de las válvulas.**
- **Resistencia mínima a compresión $f'c = 55\text{MPa}$.**

Localización de Concretos en el Monolito



Concreto de Alta Resistencia a la Abrasión (donde aplique)

Concreto Estructural Marino

Concreto de Relleno (Masivo)

Concreto de Nivelación

Esclusas – Área Industrial

Planta de hormigón con capacidad de 570m³/hr



Planta Trituradora de Basalto



Trituradora primaria en operación

Vaciado de Concreto en Cámara Media



Estructuras del Canal Ampliado

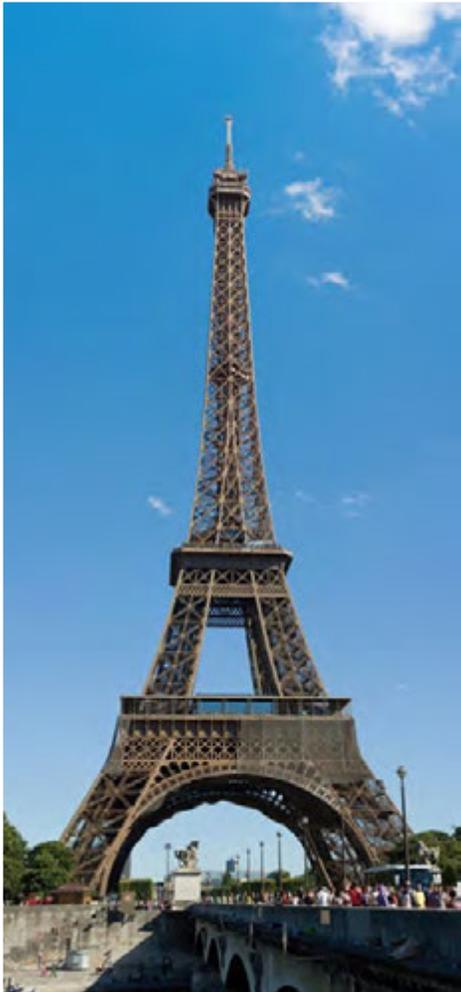


Acero de Refuerzo

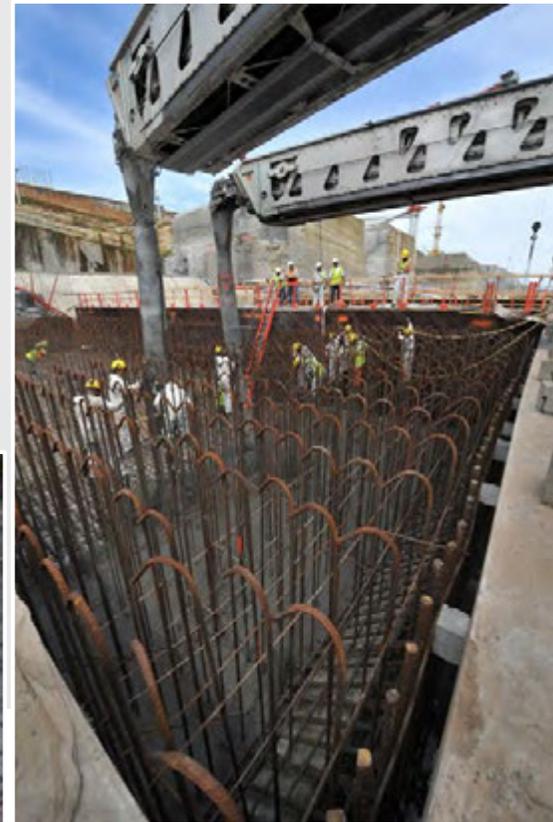


Acero de refuerzo – Tercer Juego de Esclusas

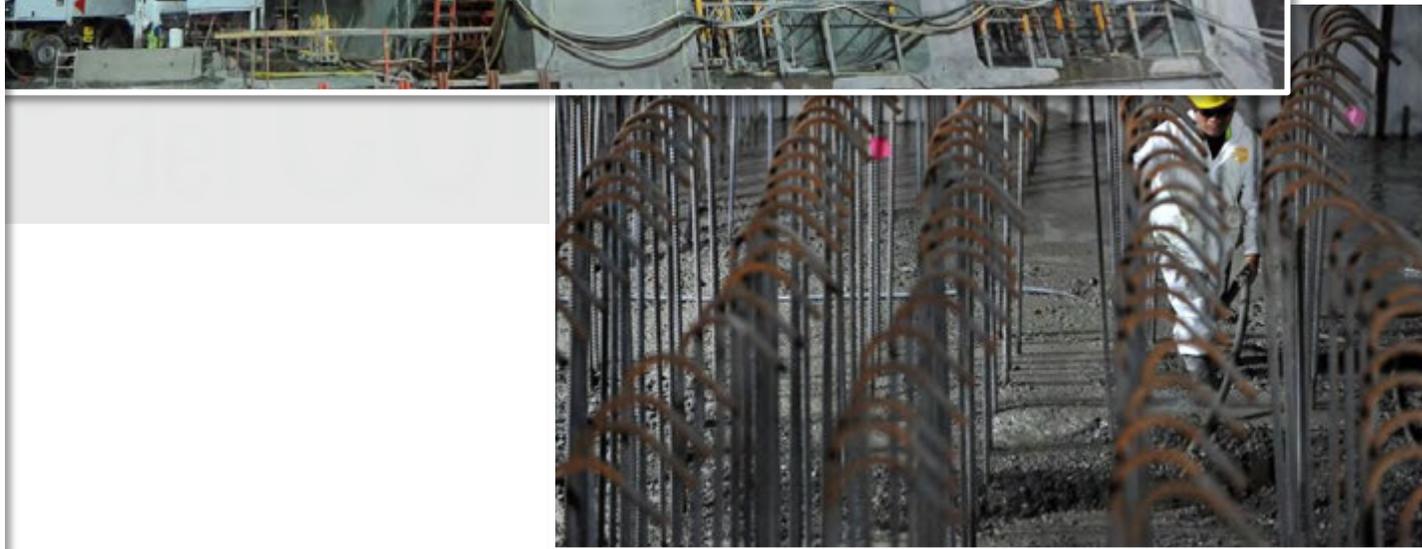
El volúmen de las barras de refuerzo que se utilizará durante la construcción de la nuevas esclusas sería suficiente para construir 19 torres Eiffel. (197,026 Toneladas)



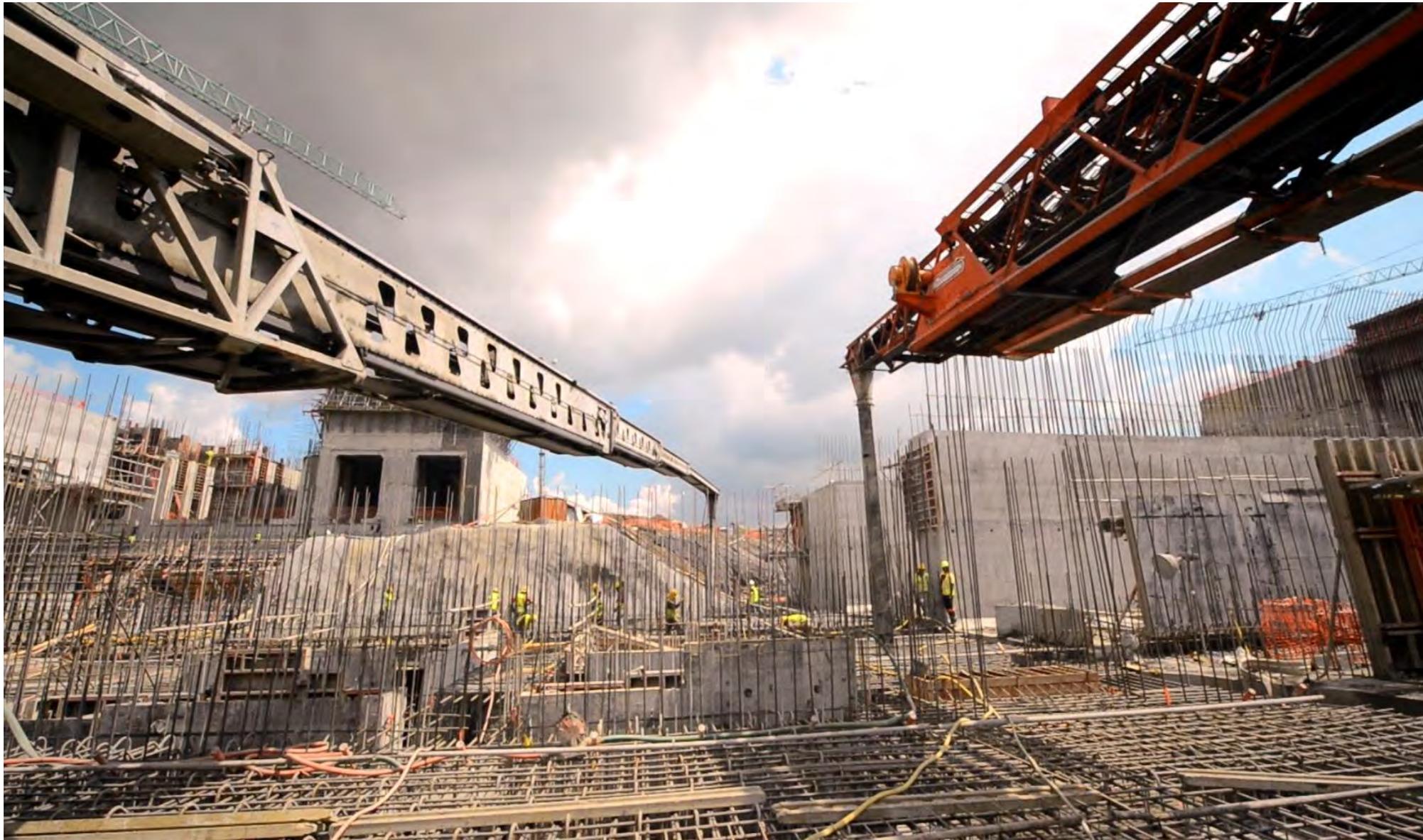
x 19



Vaciados en las Esclusas Ampliadas



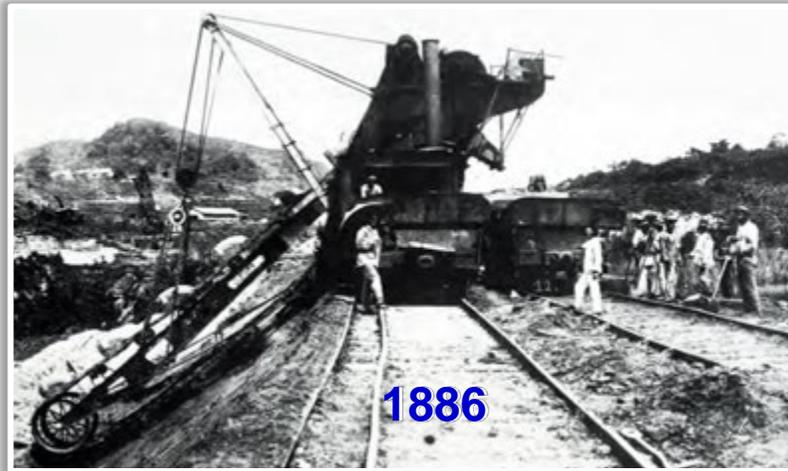
Equipos de Vaciado en el Canal Ampliado



Grúas de Torre y Grua de Vaciado de Concreto



Excavación Seca y Volumen de Dragado



Construcción del Canal existente

200

Programa de Ampliación del Canal

250

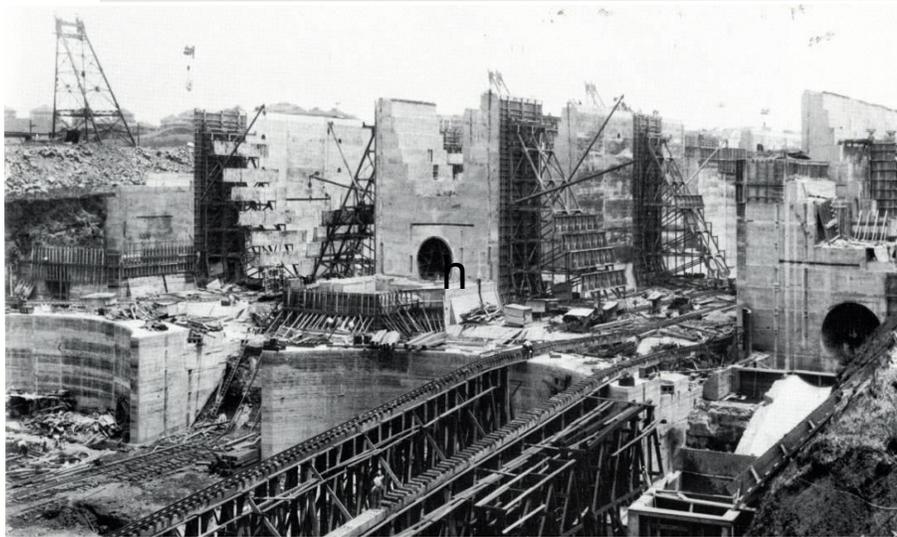
En millones de metros cúbicos



Volumenes de Concreto Utilizados en la Construcción de Esclusas



Esclusas existentes



Esclusas-Neopanamax



Esclusaje por las Esclusas del Canal Durante su Construcción

Concretos del Canal de Panamá

Muchas Gracias!



Ing. Luis Ferreira
Especialista en Comunicación
Autoridad del Canal de Panamá
Septiembre 12 - 14 2018
Cartagena de Indias, Colombia



Concretos del Canal de Panamá



Ing. Luís Ferreira

Especialista en Comunicación
Autoridad del Canal de Panamá
Septiembre 12 - 14, 2018
Cartagena de Indias, Colombia

