

# 12. INGENIERIA AL LÍMITE: Estadio Maracaná y Qatar 2022



El 2014 ha sido uno de mucho fútbol, pues se celebra el mundial de Brasil 2014 y no por nada es el deporte rey: durante su realización las ciudades se paralizan por partidos entre dos naciones. Pero esta fiesta no está solo conformada por 22 jugadores y un balón, sino también por las personas involucradas y el ambiente donde se realiza. Es aquí donde la Ingeniería Civil toma importancia en este deporte: en la construcción de estadios que por años han sido los atractivos de todos los mundiales. Ya que cada país anfitrión nos ofrece una experiencia mejor mundial tras mundial. Esto va de la mano con los avances técnicos que convierten a los estadios en ambiente de sofisticada tecnología. La innovación ha permitido que la construcción de los recintos deportivos sea mucho más amigable con la ecología, además de afrontar los nuevos retos de tan desafiantes proyectos

## ¿POR QUÉ ERA NECESARIO REMODELAR EL MARACANÁ?

- Necesidad de introducir avances tecnológicos: climatización, transporte, iluminación, redes de comunicación y sistemas de computación.
- Envejecimiento natural de los edificios.
- El envejecimiento acelerado de los edificios.
- Accidentes.
- La falta de mantenimiento.
- Fallo de diseño y ejecución.
- Evolución de las leyes municipales.
- Cambios en el uso y las necesidades del programa.
- Restauración de edificios derribados.

## Objetivo de la remodelación

La idea fue hacerlo tan moderno y eficiente como los mejores del mundo y al mismo tiempo preservar un ícono construido sobre 60 años de historia y simbolismo.

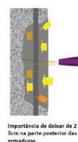
**Nueva cubierta**  
membrana traslúcida de  
**47,350 m<sup>2</sup>**  
autolimpiante sostenida  
por cables tensionales

**La distancia**  
entre las primeras filas  
de las gradas y el campo  
será de 14m

## REHABILITACIÓN: APLICACIÓN Y MÉTODOS

### 1. REPARACIONES LOCALES EN ESTRUCTURAS CON PROBLEMAS DE CORROSIÓN

1. Eliminar el hormigón contaminado
2. Limpieza o reemplazo de la armadura
3. Capa de protección del blindaje
4. Puente de tacto
5. Aplicación del hormigón
6. Superficie de protección de pintura



### 2. REFORZAMIENTO

1. Refuerzos en las vigas circunferenciales refuerzo a flexión
2. Refuerzos en las vigas circunferenciales: Fortalecimiento de la corte
3. Refuerzos en las vigas circunferenciales: Protección a altas temperaturas (fuego)
4. Refuerzos del pilar por cortar

- Los dispositivos móviles de apoyo: sólo las acciones radiales
- Refuerzo con rejilla CFRP unidireccional, embebido en el mortero proyectado
- Tirantes: acciones radial y tangencial
- Refuerzo con láminas transversales y longitudinales rejilla CFRP

### 3. PROTECCIÓN DE LA SUPERFICIE

- Agua-repelentes que actúan en los poros del hormigón (silano, siloxano, silicona o una combinación de silano / siloxano)
- Pinturas forman película (acrílico, epoxi o epoxi sistema dual + poliuretano)
- Sistemas bloqueadores de poros (silicato, flúor-silicato)
- Los morteros modificados con polímeros

## REHABILITACIÓN ZONAS

### Estudios realizados

Estudio de fotografías antiguas
Levantamiento fotográfico de más incidentes patológicos
Detección de armadura electromagnética
Empleo de ultrasonido
Esclerometría
Resistencia óhmica
Ensayos eletroquímicos ( Ecorr y icorr)
Testimonios concretos/Armadura
Resistencia a la compresión axial

### Zonas

✓ Vigas coronación
✓ Vigas de pared
✓ Estructuras
✓ Rampa Monumental
✓ Pilares principales
✓ Cobertura
✓ Viga artesa
✓ Gradas



## UNA OBRA DE SOSTENIBILIDAD

### PANELES SOLARES

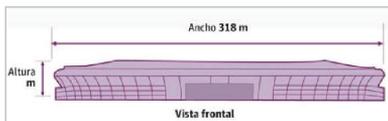
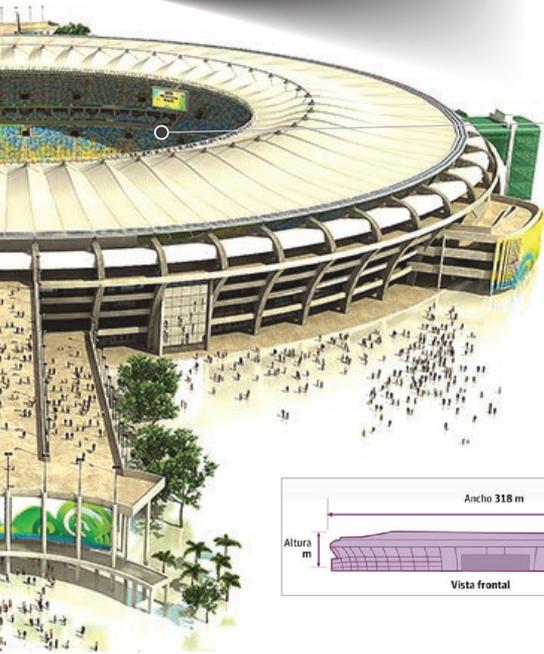
- 1500 paneles en el techo del estadio.
- Producirá electricidad suficiente para alimentar 240 viviendas anuales.
- Prevención de la liberación de más de 2.560 toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera cada año.
- Elevar la conciencia ambiental entre los aficionados al fútbol.
- Están colocados sobre un anillo de 2.380 m<sup>2</sup>

## MATERIALES DE CUBIERTA



- Membrana**  
Es material translúcido y es de fibra de vidrio y teflón
- Características**  
Permite una gran flexibilidad para la instalación de equipos de sonido, iluminación y de acuerdo con el uso del estadio.
- Elementos estructurales**  
Consta de cables tensados y funciona como una rueda de bicicleta, donde el borde es el anillo de compresión, los cables de rayos, y tirón del anillo de cubo.
- Vigas metálicas**
- Cables pretensados**

<b>Nombre oficial:</b>	Estadio Mario Filho
<b>Capacidad:</b>	76.000 asientos
<b>Constructores:</b>	Odebrecht y Andrade Gutierrez
<b>Área tratada:</b>	234,884.67 m <sup>2</sup>
<b>Volúmen Demolición:</b>	46.799,55 m <sup>3</sup>
<b>Sacos de cemento:</b>	173 320 bolsas

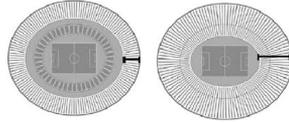


## NUEVO DISEÑO

### Demolición:

La cubierta antigua fue demolida un 100%

### Antes y Después:



Antes 30m

Ahora 68m

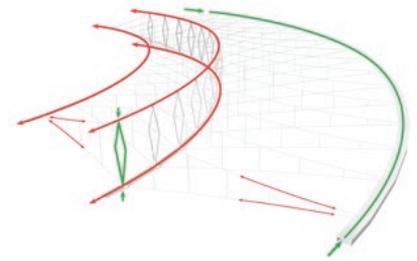
### Cubierta:

#### Objetivos

- El objetivo inicial fue conservar la anterior y añadirle, pero este no resistiría
- La decisión final fue construir una nueva cubierta que cubra una extensión mayor del área de terreno.
- La reutilización de la estructura inferior, apoyar la cubierta en las vigas existente.
- Con el fin de modificar lo mínimo la apariencia del estadio original hacia el exterior, la nueva estructura de la cubierta debía ser lo más plana y baja posible.

### Diseño estructural:

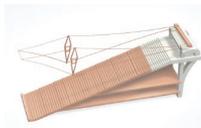
- Se trata de una estructura definida bajo el mismo principio que el de una rueda formada por radios.
- Trabaja a compresión y una estructura pretensada de cables hacia un anillo interior de tracción.
- Una serie de cables de conexión axiales permite un plano estructural estable de cubierta, que soporta las cargas de compresión, succión y horizontales.
- El conjunto de cables, superiores e inferiores, y los llamados cables suspendidos tensados que los unen, absorben las cargas activas en cada momento.
- Los cables, como radios de la circunferencia, se aprietan entre la "llanta" de la rueda, es decir en el llamado "anillo de compresión" en la ingeniería estructural, y los anillos de tensión distribuidos en el borde interior de la cubierta.



### GRADAS

#### • Lo que ha cambiado:

El estadio no fue completamente demolido. Fueron puestas debajo de los asientos y parte de la tribuna.



#### • El proyecto inicial:

El proyecto inicial contemplaba la carpa, pero mediante la presentación de la corrosión tuvo que ser retirado.



#### • Hoy:

La nueva tribuna es en un solo movimiento y se clasifica por inferior y superior



### ASIENTOS

Son retráctiles. De colores amarillo, azul y blanco. 50cm es la distancia entre ellos.



## REUTILIZACIÓN DEL AGUA

## » MÁS SOSTENIBILIDAD

- El techo nuevo recoge el agua de la lluvia y la utiliza para baños y limpieza (certificación LEED)
- El objetivo es reducir el consumo de agua en un 30%
- Las aguas residuales del Estadio césped también son reutilizados.
- Disminución del 50% en el uso para el riego de césped.

- El 75% de los materiales de la demolición se han reutilizado en la nueva obra y en obras públicas.
- Los asientos son hecho de botella de plástico y los anteriores fueron reutilizados.
- El cemento y el acero empleados tienen contenidos reciclados
- Con el barro que se consiguió de la perforación de los cimientos se han creado 21 millones de ladrillos y 560 mil tejas para otras obras.

## ¿Cuál es el precio de un mundial en Brasil?

- \$ 14 millones en infraestructura
- \$ 450 millones en reconstrucción del Estadio Maracanã
- 6000 personas desplazadas

### Razón:

- Todo se adorna para el turismo
- Las clases menores son oprimidas y silenciadas
- El lobby inmobiliaria y los especuladores financiero se enriquecen al ritmo de los disparos policiales.
- Explotación sexual
- La historia indica que con el fin del mundial no mejora la economía.
- La ganancia se la lleva la FIFA y algunos pocos.
- La deuda la pagará el pueblo: una vez más para los que menos tienen.
- El mundial cierra los ojos a un Brasil brutalmente desigual



# Un Mundial Refrigerado: QATAR 2022

## 1. ¿POR QUÉ HABLAR DE LOS ESTADIOS DE QATAR?

· El Mundial en Brasil ha terminado y ahora sólo nos queda ver al futuro, cuatro años nos separan de Rusia 2018 y ocho largos años de Catar 2022, pero parte de la magia de esa espera está precisamente en conocer más esa cultura, los avances y los anuncios de las próximas sedes mundialistas.

· Porque cuenta con capital suficiente para hacer un Mundial de futuro: Qatar se ha enriquecido a base de sus extensas reservas de gas y petróleo.

· Objetivo de Qatar: Diversificar su economía y promoverse como un destino cultural.

· Qatar y los países del golfo pérsico son reconocidos en el mundo por grandes hazañas en la construcción arquitectónica y para el 2022 uno de ellos, Qatar, fue elegido como sede del mundial de fútbol. Para la mencionada ocasión los cataris están preparándose para recibir al público con los estadios más espectaculares.

· Todo estudiante de Ingeniería Civil se encuentra maravillado con las magníficas construcciones de los países del golfo pérsico, ejemplo de ello son: Burj al Arab y Burj Khalifa, y la pregunta que surge es ¿cuán magnífica serían las construcciones de estadios por dichos países, en este caso Qatar.

## 2. EL RETO MAYOR: CLIMA (Las altas temperaturas)

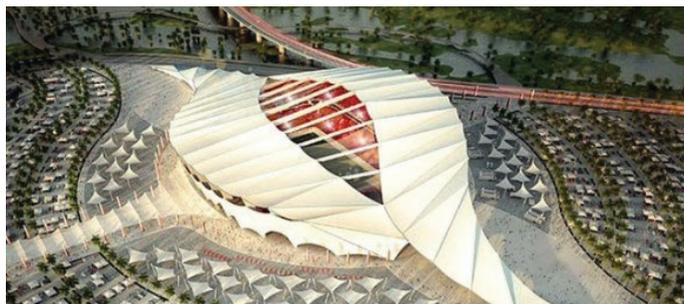
Considerando la ubicación geográfica de Qatar es muy probable que durante el verano árabe de junio-julio se presenten temperaturas muy altas que rondarían los 50 grados centígrados que podrían afectar seriamente a los participantes y turistas.

## 3. ¿POR QUÉ NO SE PUEDE REALIZAR EN INVIERNO?

· Históricamente, la Copa del Mundo siempre se ha celebrado en junio y julio y cualquier cambio podría dar lugar a un dolor de cabeza importante por la programación de las principales ligas europeas que continúan jugando normalmente durante el invierno.

· Derecho de Qatar para organizar la Copa del Mundo de 2022 si el evento se trasladó a los meses de invierno también estaría abierto a un desafío legal.

· De cualquier manera se utilizarían los estadios en los meses de verano, incluso después de la Copa del Mundo.



## SOLUCIONES PLANTEADAS AL NUEVO RETO: ¿REFRIGERACIÓN NATURAL O ARTIFICIAL?

### 1. ¿POR QUÉ HABLAR DE LOS ESTADIOS DE QATAR?

- El objetivo es que no se experimentarán temperaturas superiores a los 32 °C, mientras que el área de juego se enfriará a 26 °C.
- Una estrategia es utilizar la geometría del estadio tanto como sea posible para dar sombra, y luego para proporcionar aire frío a través de los respiraderos debajo de cada asiento.
- El enfriamiento se logra a través de una combinación de sombras, refrigeración aerodinámica y mecánica

#### ¿En qué consiste?

Son una serie de válvulas colocadas alrededor del campo y debajo de los asientos que desprenden aire frío sirviéndose de generadores de energía tradicionales.

#### ¿Se puede jugar en Qatar al aire libre con aire acondicionado pese a que fuera haga más de 40 grados?

Son una serie de válvulas colocadas alrededor del campo y debajo de los asientos que desprenden aire frío sirviéndose de generadores de energía tradicionales.

#### ¿Y el camino al estadio?

Habrán diferentes tipos de refrigeración que conectarán la red de transporte con los estadios de Qatar. Se notará un descenso paulatino de la temperatura según se llegue.

#### Primera opción: Refrigeración con energía solar para la copa mundial

- Desarrollar la tecnología de refrigeración con energía solar eficiente para contrarrestar el calor abrasador del verano de Oriente Medio en sus estadios durante el mundial.
- La empresa encargada sería una alemana, pues ellos son pioneros en Energía Solar.

#### Segunda opción: Línea Populous

- Los estadios pueden ser enfriados ensombreciendo los asientos y utilizando métodos tradicionales árabes de ventilación.
- Se propone torres de viento que succionen el aire caliente para crear circulación de aire en el estadio. Es parte de la tradición del Golfo (Pérsico) construir torres de viento que ventilan naturalmente.

## QATAR ECOLÓGICO

### Pensando en los demás: asientos

- Un reto importante sería lograr la aspiración de la comisión organizadora que el 50% de los 40.000 asientos sea desmontable, lo que permite la capacidad del estadio para ser bajado a 20.000 después del torneo.
- El organizador anuncio que 170.000 asientos serán donados a los países en necesidad de infraestructura deportiva después de la Copa Mundial.

### Energía Solar:

- Su plan proyecta la construcción de nueve estadios abiertos, con aire acondicionado tanto en la cancha como en las gradas, que funcionará usando energía solar.
- Los colectores solares y paneles fotovoltaicos afuera de los estadios y en los techos explotarán la energía del ardiente sol de Qatar.
- Esta tecnología será usada para enfriar agua, que a su vez, enfriará el aire antes de ser enviado dentro del estadio, manteniendo las temperaturas del campo de juego abajo de los 27 grados centígrados.
- Los paneles fotovoltaicos exportarán electricidad a la red nacional de Qatar, que hará que el sistema de acondicionamiento esté libre de carbón.

## DATOS CURIOSOS ENTRE LA INGENIERÍA CIVIL Y EL DEPORTE REY

### MANUEL PELIGRINI

- Un detalle que quizás muchos no conocen de la relación del futbol con nuestra amada carrera de ingeniería civil es que existe un hombre que mezcló ambas aficiones logrando sobresalir en los dos campos: Manuel Peligrini, director técnico de muchos clubes famosos como el Manchester City, Real Madrid, River Plate, Villarreal entre otros. Es también un ingeniero civil egresado de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Tras colgar los botines, trabajó en proyectos inmobiliarios, siendo uno de los que dio la iniciativa para la reconstrucción de Chile después del terremoto de 1985.
- Otro dato importante es su distinción por el Colegio De Ingenieros de Chile por triunfar más allá de su profesión.



Construcción de edificios



Construcción de estadios

## EVOLUCION DE MÉTODOS CONSTRUCTIVOS DE ESTADIOS: HISTORIA- ESTADIO WEMBLEY

### CÉSPED

- Reto: ¿Cómo hacer que la hierba se mantenga y crezca?

### SOLUCIONES

- Colocar techo transparente para mantener el clima: el grass se malograba en los juegos y no se recuperaba.
- Uso de césped artificial: El problema es que era duro e incómodo para los jugadores
- Finalmente se regresa a la idea del césped y agregar un techo corredizo, pero aun así no se podía controlar el crecimiento del pasto

### USO DE LA TECNOLOGÍA

- Analizar la posición del sol en todas las partes de los estadios durante todas las estaciones del año.
- Así se logra entender la cantidad de sombra tolerable en un estadio
- Otra idea moderna es convertir el campo en una plataforma transportable (corredizo). Con esto se puede trasladar el campo a un lugar donde tenga más acceso a luz solar, mientras no se jueguen partidos de futbol.

- En el caso de Wembley
- Se dieron cuenta que el césped no solo necesita luz SOLAR, sino también AIRE.
- Se diseñó el estadio con orificios laterales que permitan el acceso de iré y cubiertas corredizas para la luz solar.

### GRADAS

- Material más usado: Hormigón
- Objetivo: Evitar la resonancia a causa de la existencia de le FRECUENCIA NATURAL
- Al construirlos se piensa no solo en partidos de futbol SINO también en los conciertos de música.
- El PROBLEMA:  
No es la vibración natural lo preocupa, sino el pánico de los asistentes al evacuar el recinto deportivo.

### SOLUCIÓN:

- Estudio de flujo de personas a la hora de evacuar (DINAMICA DE MASAS)
- Este estudio nos permite construir estadios con un flujo rápido de evacuación.
- Evita que las masas se acumulen y sucedan accidentes.

### CUBIERTAS

- Al inicio eran con columnas que sostenían los techos (tipo carpas). Esto se volvió incómodo y al quitar los techos, los espectadores tuvieron que soportar el clima.
- Más tarde se descubrió que se podían construir techos sin columnas.
- Se intentó con material sintético, pero este reflejaba el sol generando molestias.
- Caso: Wembley

### Solución

- Se construyeron techos móviles
- Usando técnicas del automóvil y técnicas de puente.