



**Webinar:**



# Plan de manejo de la Iglesia de Cristo Obrero

**Dra. Alina Aulet**

**Mag. Ing. Miguel Pedron**

**Dr. Ing. Atilio Morquio**

**Dr. Ing. Alfredo Canelas**

**Dr. Ing. Gonzalo Cetrangolo**

**Colaboraron:**

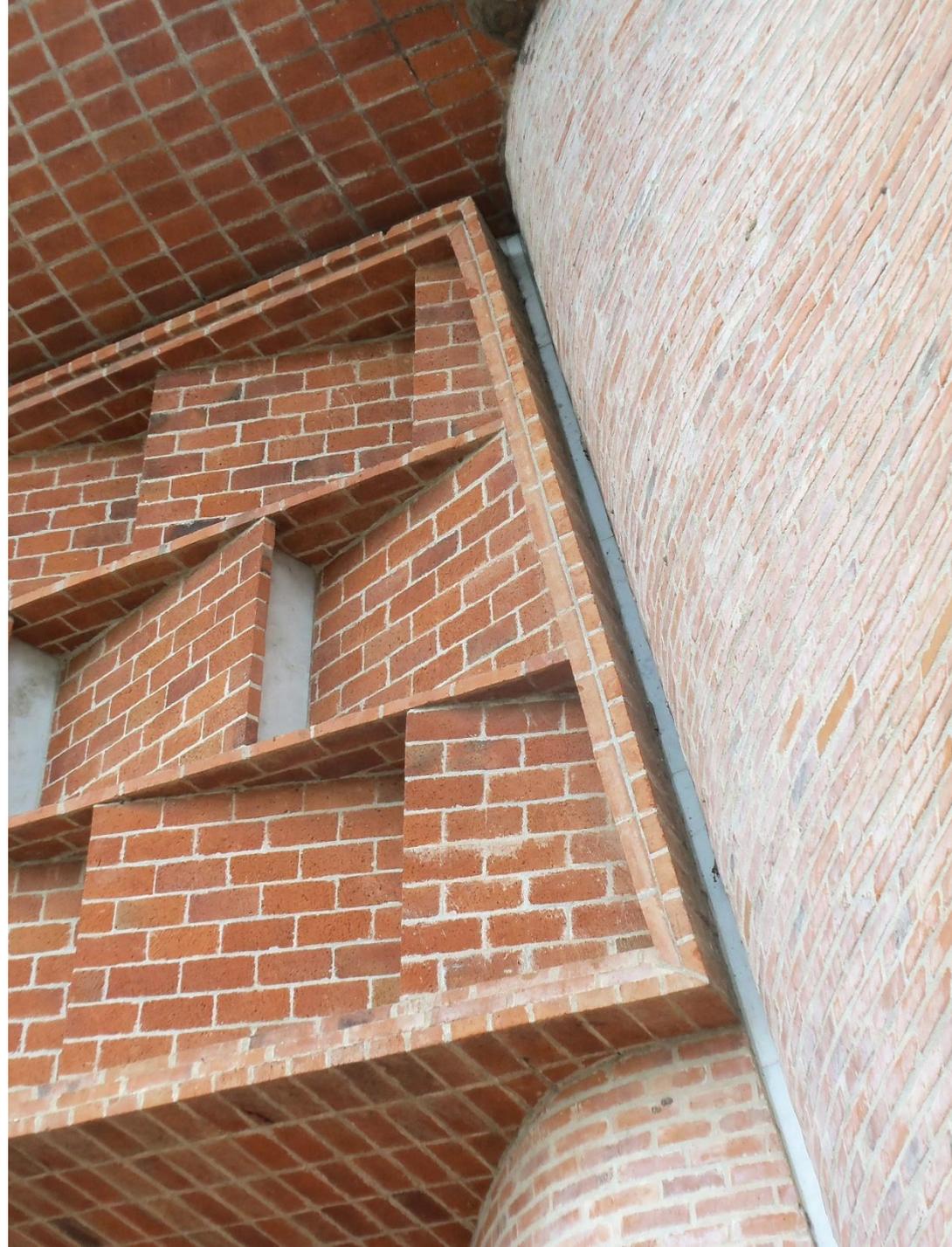
**Ing. Gonzalo Moltini**

**Ing. Leandro Domenech**

**Dr. Ing. Agustin Spalvier**

**Arq. Cinthia Planchon**

**Instituto de Estructuras y Transporte  
Facultad de Ingeniería, Udelar.**



# Trabajos desarrollados en el marco del Proyecto Keeping it Modern, Fundación Getty

---

FING en conjunto con FADU, los Ing. Lucia Pesci y Gonzalo Larrambebere

*C2: análisis de las características físicas y mecánicas de los materiales.*

*C3: Identificación, registro y análisis de patologías de los materiales y de la estructura.*

# Estudio y análisis de las características de los materiales y de la estructura.

---

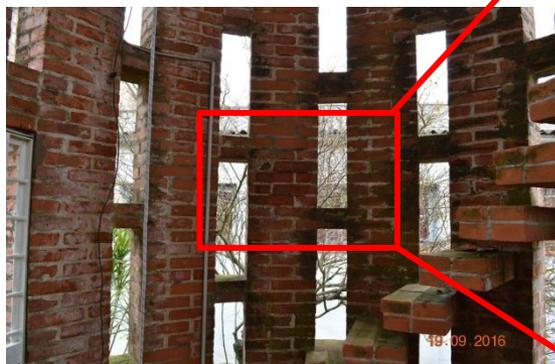
## Inspección Visual y Ensayos No Destructivos

- ☐ Inspección visual y cateos
- ☐ Windsor Pin
- ☐ Esclerometría
- ☐ Ultrasonido
- ☐ Entre otros ensayos
- ☐ Termografía infrarroja
- ☐ Radar Penetrante de Tierra (GPR)
- ☐ Difracción de Rayos X
- ☐ Microscopía electrónica de Barrido

# Inspección visual y registro fotográfico



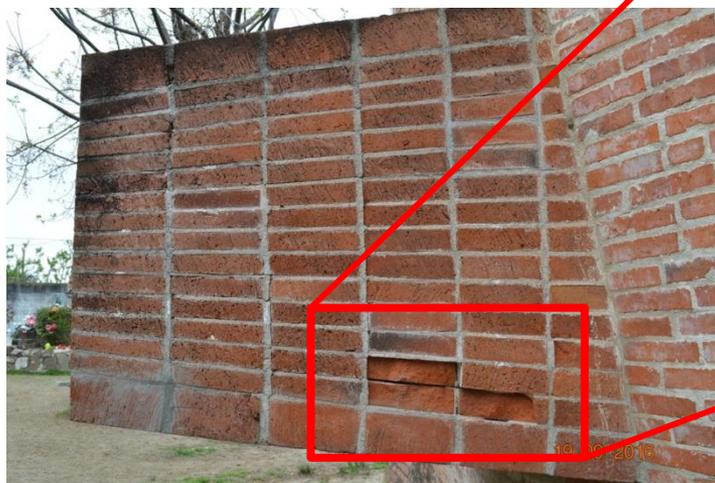
Campanario



# Inspección visual y registro fotográfico



Hornacina

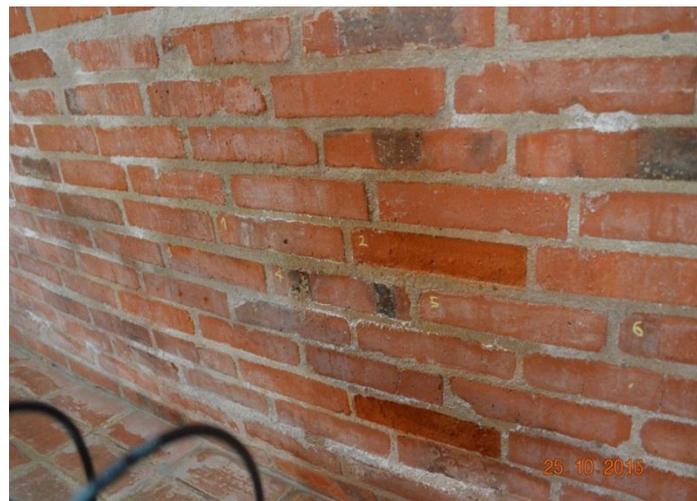


# Inspección visual y registro fotográfico

Mancha de humedad en cubierta interior

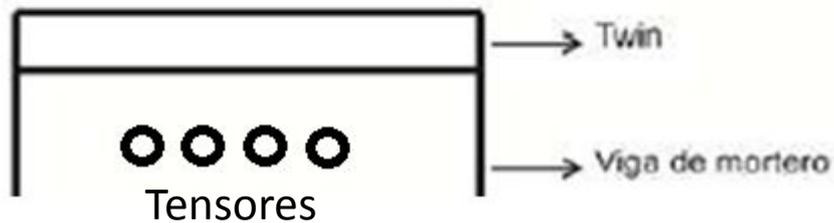
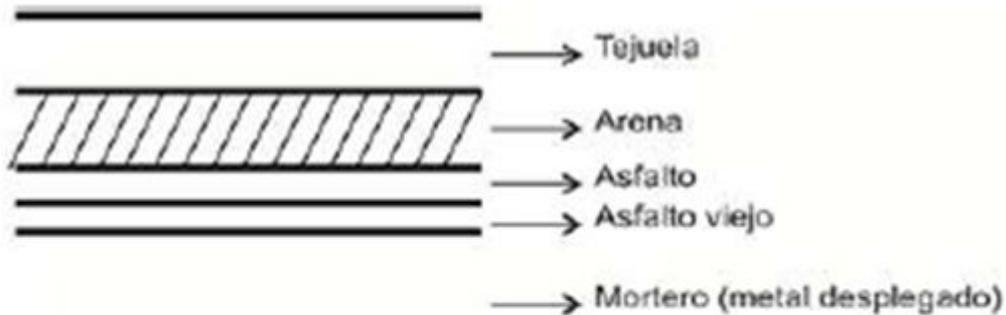


Lesión en ladrillos pared interior Oeste



El estado general de la **estructura era muy bueno**, sin signos de problemas de importancia.

# Cateo sobre los tensores



El estado de los **tensores era muy bueno**, sin signos de corrosión.

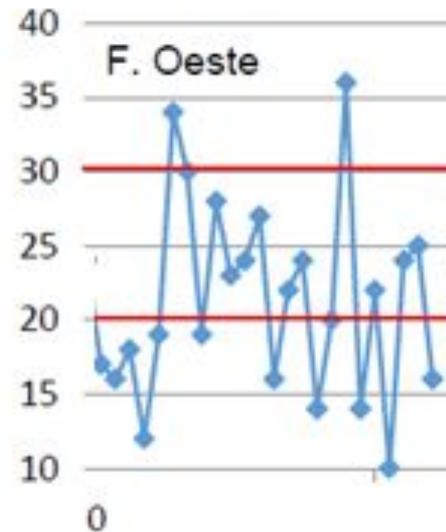
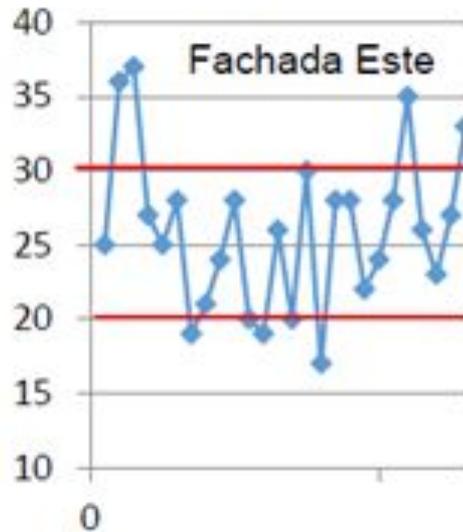
# Esclerómetro – Dureza Superficial

- Tipo L Energía: 0.735 Nm



# Esclerómetro – Dureza Superficial

Resultados en MORTEROS



- No se observaron diferencias significativas entre param. ext. e int.

# Windsor Pin



# Windsor Pin



Windsor Pin	Mortero Fachadas Exteriores
	Estimación (fabricante)
Este	18.2 MPa
Oeste	19.1 MPa

# Ultrasonido

$$V_P = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}$$



# Ultrasonido

$$V_P = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}$$

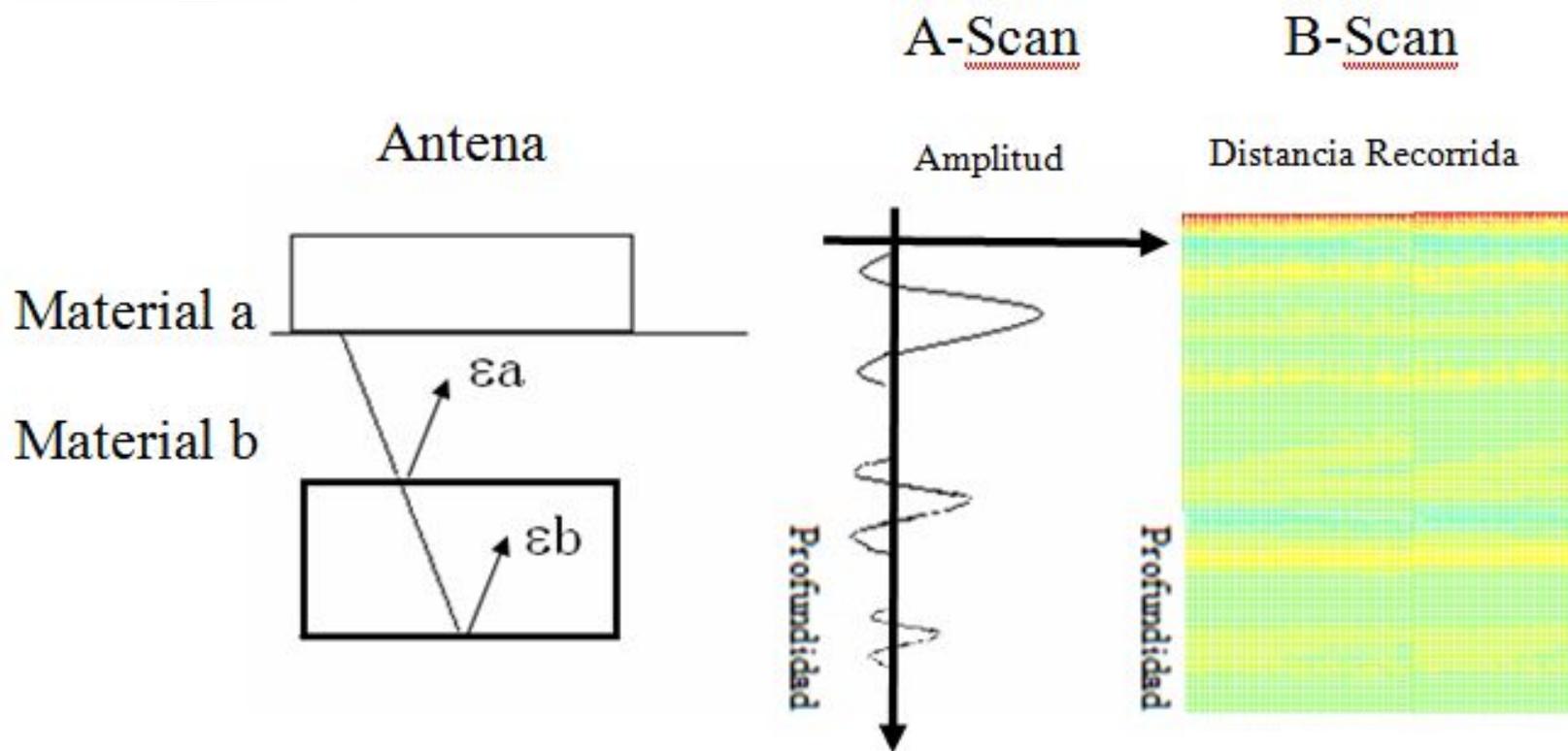
Módulo de Elasticidad de Ladrillos

$$V_P \approx \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad E \approx 2.75 \text{ GPa}$$

Módulo de Elasticidad de morteros

$$V_P \approx \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad E \approx 8.5 \text{ GPa}$$

# GPR (Radar Penetrante de Tierra)

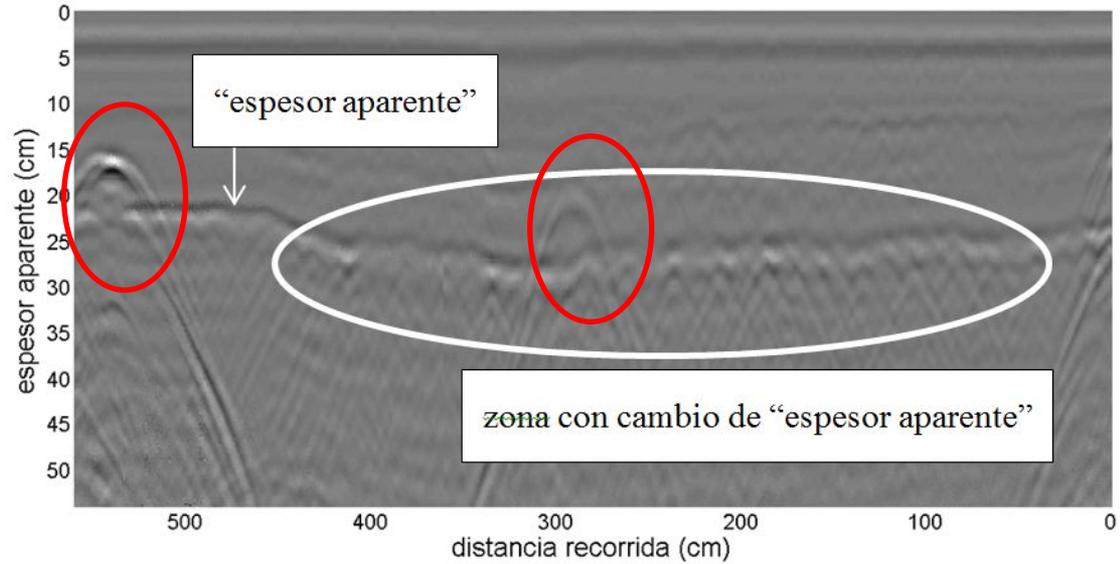


# GPR (Radar Penetrante de Tierra)



# GPR (Radar Penetrante de Tierra)

## IGLESIA CRISTO OBRERO



# Termografía infrarroja

Radiación por  
unidad de área

(W/m<sup>2</sup>)

Se monitorea con una  
Cámara Infrarroja

$$R = e \sigma T^4$$

Temperatura de la Sup. (°K)

Emisividad  
(0 to 1)

Stefan-Boltzman constant:  
5.67x10<sup>-8</sup> W/(m<sup>2</sup> K<sup>4</sup>)

Depende de la superficie  
(en hormigón 0.95)  
(en ladrillos 0.68-0.93)



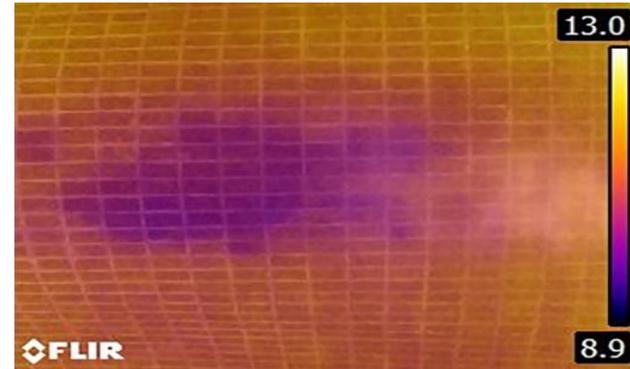
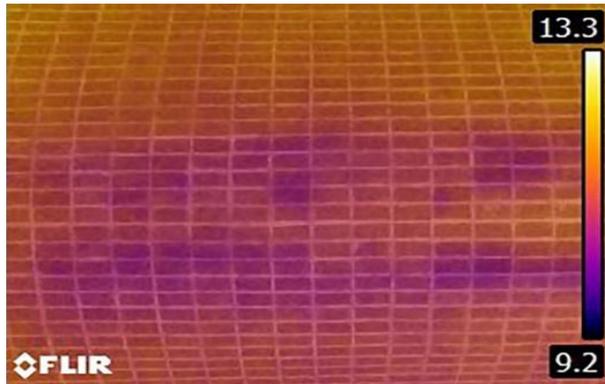
# Termografía Infrarroja

## IGLESIA CRISTO OBRERO

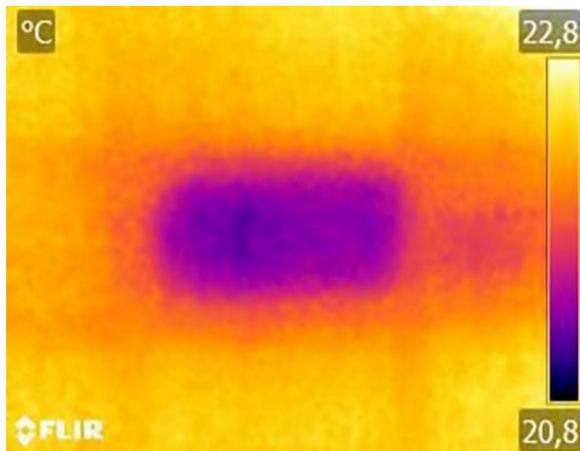


# Termografía Infrarroja

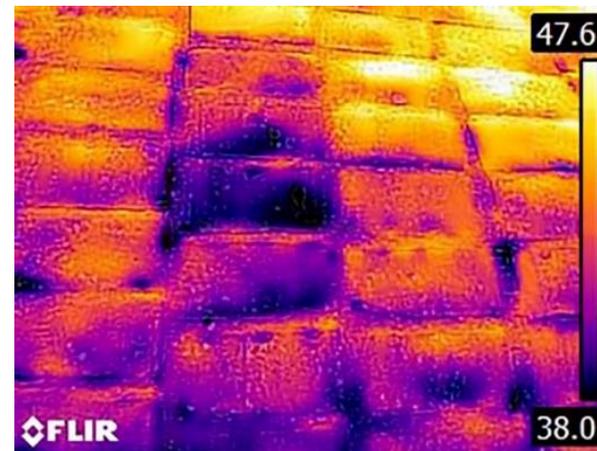
Presencia de humedad en los valles de la cubierta (intradós) de la iglesia



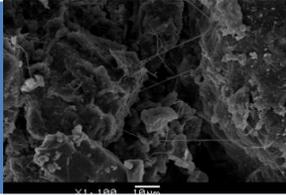
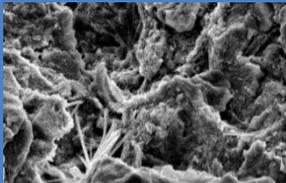
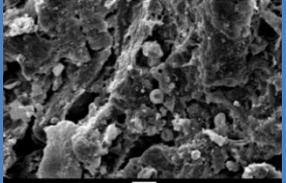
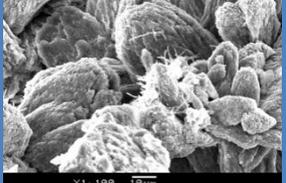
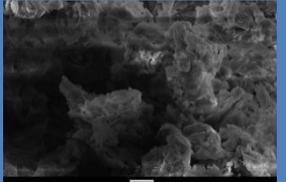
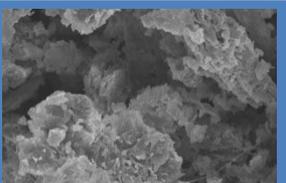
Tejuela suelta en el intradós



Tejuela suelta en el extradós



# Elementos, morfología y compuestos

Nombre	Muestra	Ubicación	Elementos (EDS)	MEB (Morfología)	Compuestos (RX)
L1	Ladrillo pared	Campanario	Ca/Si/K/Al/Mg /Na/O/C/N/Fe		$\text{Si O}_2$ $\text{Na (Al Si}_3\text{ O}_8)$
L2	Ladrillo escalón	Campanario	Ca/Si/K/Al/Mg /O/C/Fe		$\text{Si O}_2$ $(\text{Na}_{0.98} \text{Ca}_{0.02})$ $(\text{Al}_{1.02} \text{Si}_{2.98} \text{O}_8)$
L3	Ladrillo exterior	Hornacina SUR exterior	Ca/Si/K/Al/Na/ O		$\text{Si O}_2$ $\text{Ca}_{0.88} \text{Ä}_{0.12} \text{Al}_{1.77}$ $\text{Si}_{2.23} \text{O}_8$
L4	Ladrillo Cielo Raso	Baptisterio	Ca/Si/K/Al/Mg /Na/O/C/Fe		$\text{Si O}_2$ $\text{Ca}_{0.88} \text{Ä}_{0.12} \text{Al}_{1.77}$ $\text{Si}_{2.23} \text{O}_8$
T1	Tejuela	de cubierta T1 (rojizo)	Na/Mg/Al/Si/K /Ca/Fe/Ti		$\text{Si O}_2$ $\text{Al}_{4.64} \text{Si}_{1.36} \text{O}_{9.68}$ (Mullite)
T2	Tejuela	de cubierta T2 (amarillo)	Mg/Al/Si/K/Ca /Fe/ Ti/Cu		$\text{Si O}_2$ $\text{Al}_{4.64} \text{Si}_{1.36} \text{O}_{9.68}$ (Mullite)

# Gracias!!!



gonzaloc@fing.edu.uy

# Recomendaciones

**1- Impermeabilización de la cubierta.** Vaults' roof: we understand the first corrective action to be taken should be repairing the waterproofing of the exterior followed by repairs in the intrados, were there are several signs of reinforcement corrosion. It is important to deal with these repairs on the short term.

**2- Estudio hidraulico en la zona del Baptisterio.** Baptistery: we recommend to carry out hydraulic studies on the short term in order to solve the water evacuation in the baptistery. We believe a solution that allows water to be evacuated by gravity should be chosen, and not through injections that may cause pressure not considered for the wall dimensions. The corrective actions recommended for the different structural components of the baptistery should be carried out after the water evacuation solution is decided on and implemented.

**3- Campanario.** Bell tower: we recommend to start by repairing the steps that are very deteriorated due to the corrosion of reinforcements. These repairs are among the most urgent.

# Recomendaciones

**4- Hornacina.** Niche: as previously mentioned, the damage is severe. However, the deterioration of the niche does not risk the structure of the church and thus its reconstruction could be dealt with in the medium term.

**5- Fachadas.** Facades: the main corrective actions in the facades are mainly related to the repair of corroded exposed reinforcements. These repairs could be carried out on the medium term.

**6- Pavimentos.** Pavement: we mainly recommend to seal the fissures which could be carried out on the medium and long term.

**7- Escaleras.** Stairs to the choir: there have been recent interventions and deterioration is minor. The suggested corrective actions could be carried out on the medium and long term.