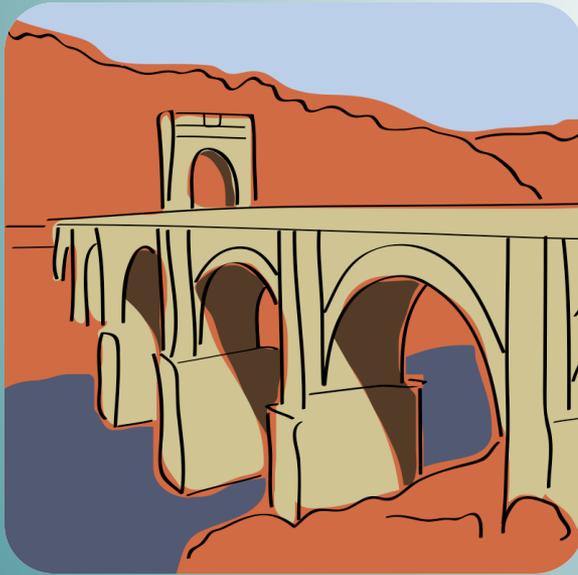


Historia y Patrimonio de la Ingeniería Civil

Tema 4. La Ingeniería en la España medieval - IMÁGENES -

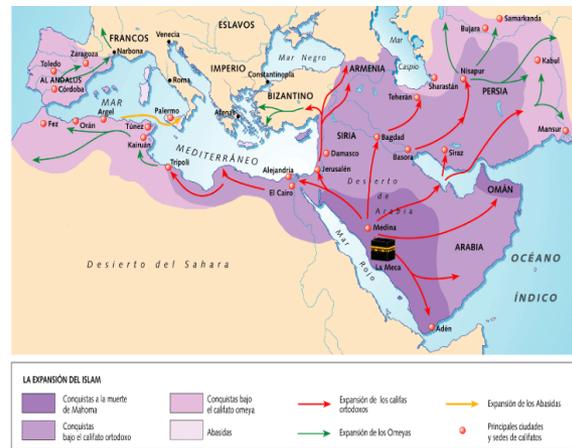


María Luisa Ruiz Bedia

DPTO. DE TRANSPORTES Y TECNOLOGÍA
DE PROYECTOS Y PROCESOS



Contexto cronológico y territorial



A vertical timeline and synthesis of influences on medieval Spanish architecture. The timeline shows the period from 476 to 1492. The synthesis includes:

- CRISTIANAS** (Christian)
- ISLÁMICAS** (Islamic)
- BIZANTINAS** (Byzantine)
- VISIGODAS** (Visigothic)
- ZÓCALO HISPANORROMANO** (Hispano-Roman base)

A map of Spain is labeled **MESTIZAJE** (Mestizaje). A text box at the bottom right contains the following text:

«Se perdió el acervo técnico»
«Regresión en la ingeniería»
«Destrucción del legado romano»
«Los años oscuros de la construcción»
«Destrucción de Roma y todo lo que ella construyó»

Procedencia: Atlas de cartografía. Sinopsis históricas.

MATERIALES y TÉCNICAS con que trabaja un ingeniero medieval

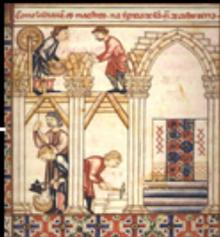
ARCILLA (ladrillos)

MADERA

PIEDRA (mampostería y sillería)

HORMIGÓN ROMANO (*opus incertum*)

TAPIAL (*TABIYA*)



Materiales de construcción y puesta en obra

LADRILLO + PIEDRA (*OPUS MIXTUM*)

Ladrillo, perfeccionamiento de su fabricación y normalización

Piedra, técnica clásica a través de bizantinos

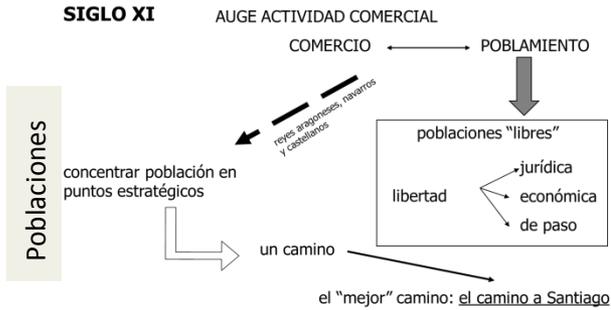
Opus Mixtum cultura islámica

Opus Quadratum cultura cristiana



Maestro de asentar canto tajado

Tema 4. La Ingeniería en la España medieval



Poblaciones

El Camino de Santiago y la ingeniería medieval

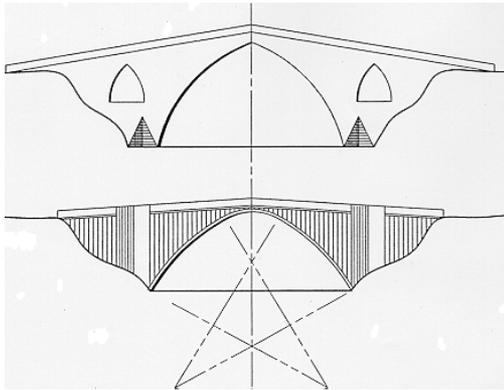
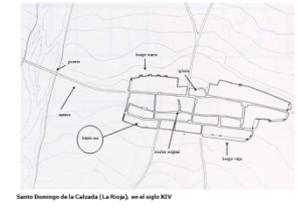
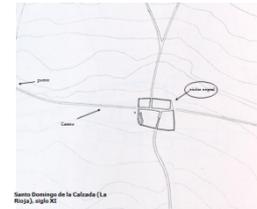
crecimiento lineal espontáneo

- el Camino, eje ordenador de su desarrollo
- un elemento singular preexistente (puente, cruce de caminos, hospital, castillo, monasterio...) desencadena el proceso
- la toponimia: "Puente la Reina", "Calzadilla", "Redecilla del Camino", "Hornillos del Camino", "Santo Domingo de la Calzada"



crecimiento lineal planificado

- fundadas a partir de un elemento preexistente significativo:
 - un castillo (Los Arcos, Navarra)
 - una encrucijada de caminos (Arzúa, A Coruña)
 - un puente y un castillo (Logroño, La Rioja)
- fundadas en parajes aislados para apoyar el trazado del Camino
 - un puerto de montaña (Canfranc, Huesca)
 - un punto aislado (Estella, Navarra). Son núcleos "refugio" o núcleos "comerciales" al "servicio" del peregrino
 - enclaves de "atención integral" al peregrino (Santo Domingo de la Calzada, La Rioja)



Puentes



1) Puente La Reina 2) Estella 3) Villatuerta

Puentes medievales:

- Arco ojival (flexibilidad, estabilidad, economía)
- Rasante alomada
- Apoyos más esbeltos
- Arcos de aligeramiento sobre pilas
- Variación formas tajamares
- Fábricas modestas
- Variedad

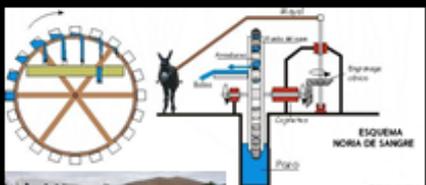


1) Frías 2) Martorell 3) Ciudad Rodrigo

Hidráulica medieval_ABASTECIMIENTOS (5)

ABASTECIMIENTO mediante POZOS

- Solución para niveles freáticos poco profundos (Almería, Sevilla, Murcia, ...)
 - Profundidad \approx 5m
 - Fábrica de mampostería o ladrillo
 - Revestimientos (s. XII) con tuberías cerámicas ensambladas (\varnothing 50cm)
- Extracción del agua
 - Cigñales (shaduff egipcio)
 - Noria de tracción sangre (animal, humana)

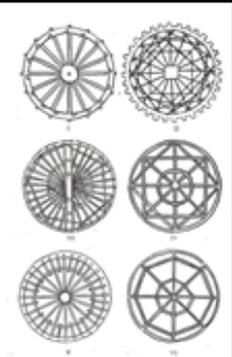





- Mediante arrastre lineal
- Saqiya= noria de tiro
 - Llega a Al-Andalus desde el mundo romano oriental
 - Agricultura siria (siglo VIII)
 - Descrita en siglo XI (Ibn Bassal)
 - Difundida en el mundo cristiano

ABASTECIMIENTO mediante AZUDAS

- Cursos de agua caudalosos cercanos a las ciudades
- Azada (similitudes con la *rotae romana*)
 - Ruedas de paletas con arcaduces (cangilones)
 - Estructura de madera (polígonos estrellados)
 - Madera: encina, sabina
 - El vertido del agua elevada se realiza por un orificio abierto en el aro perimetral
 - Asociadas a una estructura de fábrica, de la que nace el acueducto



Tecnología popular española, 1983





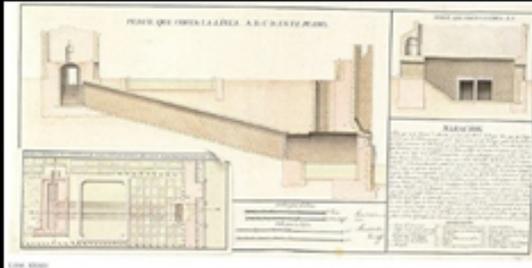
Sello siglo XIV

Noria de La Albolafia, abastecimiento a Córdoba

Hidráulica medieval_ABASTECIMIENTOS (5)

ABASTECIMIENTO mediante ALJIBES

- Al-Yubb / Al-Birka (aljibe / alberca)
- Cubiertos por bóvedas para proteger el agua (sol, inmundicias)
- Agua de lluvia, escorrentía superficial, aguas subterráneas filtradas...



Aljibe de Mérida, Plano de Villena Maziño, 1791

- Siglo IX (Abderramán II)
- Capta aguas del río Guadiana
- Doble escalera subterránea cubierta por bóveda de cañón, muro divisorio
- Sillería romana (reutilizada?)



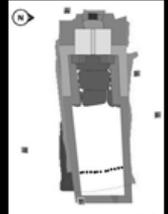
ABASTECIMIENTO mediante FUENTES

- Aprovechamiento de manantiales
- Siglo IX
- Capta aguas afloradas mediante canal rectangular cubierto por losas de piedra
- Depósito: solera con losas calizas y muros laterales con sillares de arenisca
- Edículo
- Captación mediante cántaros
- Emplazamiento original, junto a una vía romana (?)



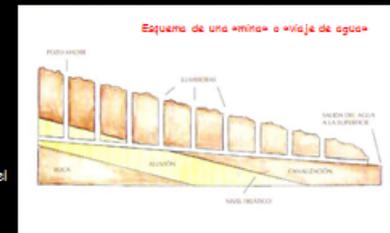
Fuente de la Fincallada, Oviedo

RIOS et al., Fuente Fincallada, 1994
BORGE, 2008



ABASTECIMIENTO mediante MINAS (=QANAT)

- Aprovechamiento de manantiales que se captan mediante galerías (localizar bolsas de agua y drenarla)
- Origen: siglo VIII aC
- Dominio medieval de la técnica
 - Buscar un acuífero
 - Comprobar calidad y profundidad
 - Establecer el recorrido entre la captación y la salida (gravedad)
 - Excavación de la galería
 - Lumbrenas verticales para facilitar el acceso, evacuar el material y orientarse
 - Almería, Puerto Lumbrenas (Murcia)



SEBURA DEL PINO, D. «Las Fuentes de Alhadrá. Abastecimiento urbano y regadío en la Almería musulmana y marroquí». Agricultura y Regadío en Al-Andalus, 1990

Hidráulica medieval_MOLINOS HIDRÁULICOS

MOLINOS HIDRÁULICOS

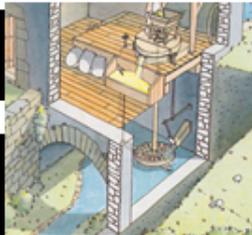
TIPOS DE MOLINOS EN ÉPOCA MEDIEVAL

- MOLINOS DE SANGRE
- MOLINOS DE VIENTO
- **MOLINOS HIDRÁULICOS**

CLASIFICACIÓN:

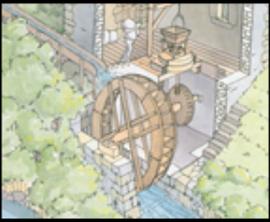
Molino de **RODEZNO HORIZONTAL (RAHA)**

Caudal modesto
Sin engranajes
Innovaciones

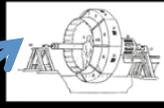


Molino de **RODEZNO VERTICAL (SANIYA)**
(Rueda Vitrubiana, Aceña)

Consumen mucha agua
Construcciones sólidas
Variaciones



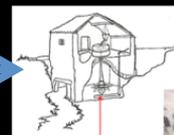
ACEÑAS (o de rodezno vertical, o de eje horizontal)


Aceñas de Olivares, Zamora, Siglo X, Restaurados en 2008 (inaugurados)

MOLINOS de EJE VERTICAL

- Innovaciones tecnológicas bajomedievales
- Paletas
- Cubos de presión

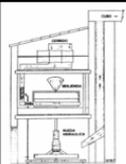



Paletas planas: esquistadas en voladizo en un eje de madera

Paletas de cuchara en un eje de madera

Paletas de cuchara

MOLINOS de EJE VERTICAL




Tipos de cubos de molino: con paletas curvas

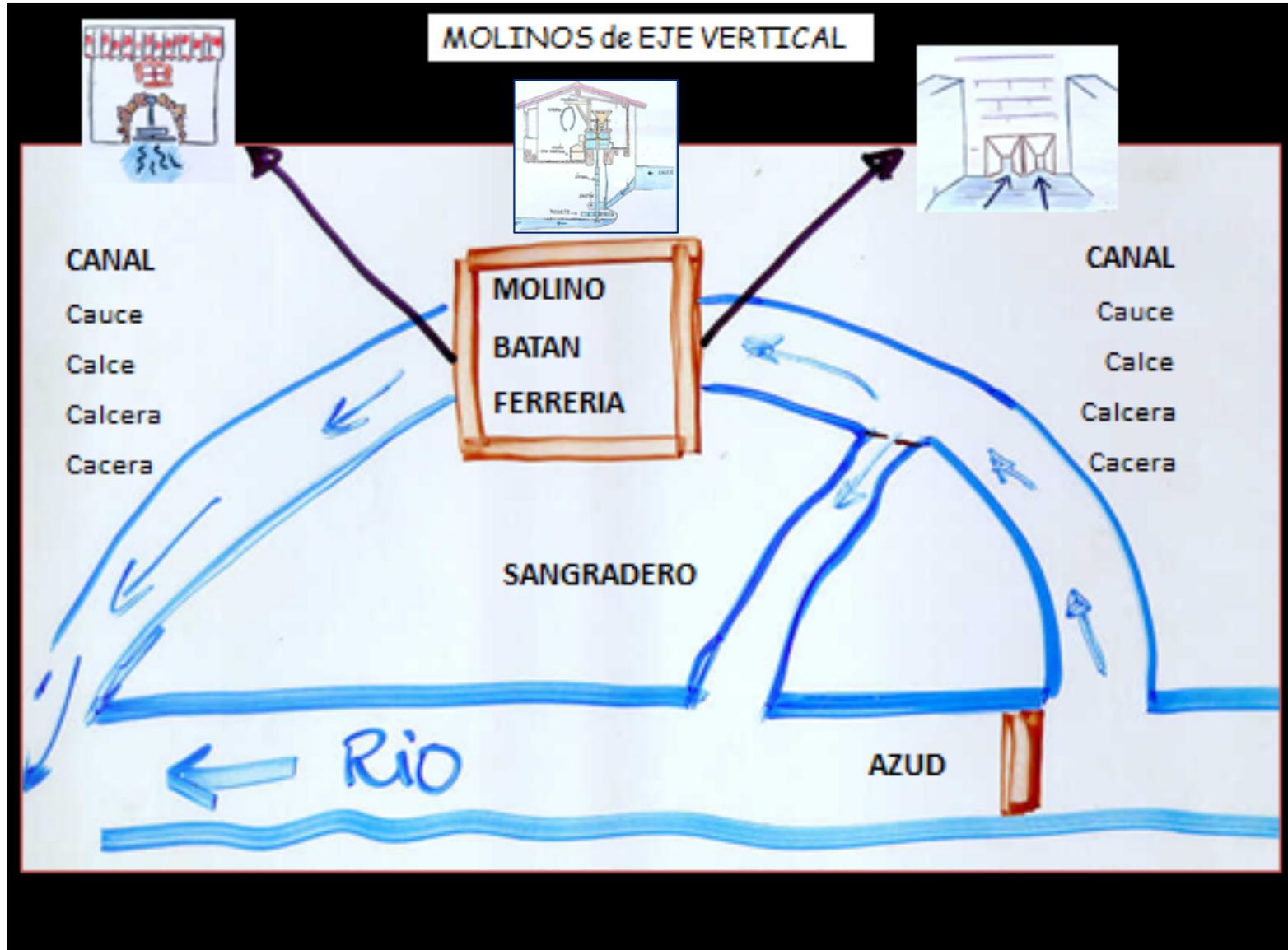
Cubos de presión: mejor aprovechamiento del agua

- Formas: troncos y molinos diversos
- Pequeña capacidad, no es un depósito
- Firmeza: proporcionar mayor potencia al molino
- Dificiles de construir
 - Controlar la presión del agua
 - Enterrados total/parcialmente
 - Evitar: aumentar el espesor de las paredes
- Salida del agua: conducto cerrado de sección decreciente -sietto- orientado al rodezno



Cubo de presión y cubo de un molino en Italia

Hidráulica medieval_MOLINOS HIDRÁULICOS



Hidráulica medieval_MOLINOS HIDRÁULICOS

AZUD

PLANTA

Sentido de la corriente

AZUD RECTO: perpendicular a la dirección de la corriente

AZUD OBLICUO: forma un ángulo con la dirección de la corriente

AZUD QUEBRADO: formado por tramos rectos

AZUD DESDOBLADO: formado por tramos rectos paralelos y perpendiculares a la dirección de la corriente

AZUD CURVO: forma una curva con su parte cóncava situada aguas abajo

SECCION

Azul de LÁMINA ADHERENTE: agua se desliza en todo su espesor sobre la cresta

Azul de LÁMINA VERTIENTE: la lámina de agua se separa del muro en la cresta del azud

Azul ESCALONADO: formado por escalones de lámina vertical que subdividen en tramos la altura de la caída

CANALES

CANAL ENTRADA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Superficie de entrada	m ²	
Altura de entrada	m	
Velocidad de entrada	m/s	
Caída de agua	m	
Consumo de agua	m ³ /h	
Consumo de energía	kWh/h	

REMARKS:

Este canal es de tipo...
El agua desahogada...
Se hace azud...
El agua desahogada...

CANAL SALIDA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Superficie de salida	m ²	
Altura de salida	m	
Velocidad de salida	m/s	
Consumo de agua	m ³ /h	
Consumo de energía	kWh/h	

REMARKS:

Este canal es de tipo...
El agua desahogada...
Se hace azud...
El agua desahogada...

INGENIERO HIDRÁULICO

EDIFICACIÓN