

8. Análisis económico

En este apartado se realizará un análisis de la viabilidad económica del uso de armaduras de acero inoxidable para la construcción de depósitos sometidos a ambientes agresivos.

Esta viabilidad económica será positiva o negativa en comparación con otras opciones para la construcción de dicho depósito. En este caso la comparación se realiza con un depósito armado con acero al carbono por ser la alternativa habitual, tal y como se hizo en el apartado 7 sobre el análisis de ciclo de vida.

El análisis económico debe tener en cuenta todo el ciclo de vida de la estructura, lo que equivale a considerar las siguientes etapas:

- Etapa 1 --- Fabricación de hormigón y acero
- Etapa 2 --- Transporte de hormigón y acero
- Etapa 3 --- Construcción de la estructura
- Etapa 4 --- Uso
- Etapa 5 --- Demolición y reciclado

8.1 Costes económicos directos

Dentro del ciclo de vida, la etapa que puede introducir una mayor diferencia entre los dos tipos de depósito es la fabricación de materiales debido a la cantidad de acero y hormigón que podría permitir ahorrar el depósito armado con acero inoxidable. Los costes de construcción y uso serían semejantes en ambos casos.

El coste de transporte que se puede repercutir sobre cada metro lineal de muro o por metro cuadrado de solera es el equivalente al gasto de gasóleo consumido. El precio del gasóleo de automoción en España en octubre de 2005 era de 0,9739€ el litro, según datos publicados por el Ministerio de Fomento.

Esto implicaría unas diferencias de coste del transporte según el tipo de depósito de unas pocas décimas de euro por metro lineal de muro o metro cuadrado de solera por lo que se decide no tomarlo en consideración.

Lo mismo sucede con el coste de demolición y reciclado. No se tiene en cuenta el gasto de transportar los materiales de desechos hasta el lugar de vertido como tampoco se contempla la superioridad en el precio de venta de la chatarra de acero inoxidable en comparación con la del acero al carbono.

Así pues, la partida de costes más significativa es la que corresponde a los materiales. A continuación se muestran los precios unitarios de cada uno de ellos según datos del Institut de Tecnologia (ITec) [ITec; 2006]. Los precios del corrugado de acero inoxidable han sido proporcionados por Vallbruna Ibérica.

Precios unitarios de hormigón:

HA-25 → 71 €/ m3

Manobra especialista	1,1h	x	17,19 € =	18,909
Agua	0,18m3	x	0,94 € =	0,1692
Arena calcárea	0,65t	x	14,5 € =	9,425
Grava calcárea	1,55t	x	13,16 € =	20,398
Cemento Pórtland CEM II/B-L 32,5R	0,25t	x	83,93 € =	20,9825
Hormigonera de 165 litros	0,6h	x	1,56 € =	0,936
Gastos auxiliares sobre la mano de obra	1%	x	18,909 € =	0,18909

HA-30 → 78 €/ m3

Manobra especialista	1,1h	x	17,19 € =	18,909
Agua	0,18m3	x	0,94 € =	0,1692
Arena calcárea	0,65t	x	14,5 € =	9,425
Grava calcárea	1,55t	x	13,16 € =	20,398
Cemento Pórtland CEM IV/B 32,5 N	0,325t	x	86,27 € =	28,0377
Hormigonera de 165 litros	0,6h	x	1,56 € =	0,936
Gastos auxiliares sobre la mano de obra	1%	x	18,909 € =	0,18909

Precios unitarios del acero:

Barras de acero inoxidable (AISI 304)

$f_yk=500N/mm^2$ → 3,50 € / Kg

Oficial 1ª ferrallista	0,005h	x	19,83 € =	0,09915
Ayudante ferrallista	0,005h	x	17,61 € =	0,08805
Alambre recocido en diámetro 1,3 mm	0,0102kg	x	0,91 € =	0,00928
Acero inoxidable en barras corrugadas B500 S	1,05kg	x	3,14 € =	3,29700
Gastos auxiliares sobre la mano de obra	1%	x	0,1872 € =	0,00187

Barras de acero al carbono

$f_yk=500N/mm^2$ → 1,04 € / Kg

Oficial 1ª ferrallista	0,005h	x	19,83 € =	0,09915
Ayudante ferrallista	0,005h	x	17,61 € =	0,08805
Alambre recocido en diámetro 1,3 mm	0,0102kg	x	0,91 € =	0,00928
Acero en barras corrugadas B500 S	1,05kg	x	0,80 € =	0,8400
Gastos auxiliares sobre la mano de obra	1%	x	0,1872 € =	0,00187

A partir de los costes unitarios vistos, se puede obtener los costes por metro lineal de muro y por metro cuadrado de solera multiplicandolos por las cantidades de materiales necesarios en cada caso.

Coste por metro de muro:

Depósito armado con acero al carbono → 454,38 €/m lineal de muro

Hormigón	2,50m3/m	x	78,00 €/m3 =	195,00
Armadura de acero al carbono	249,40 Kg	x	1,04 €/Kg =	259,38

Depósito armado con acero inoxidable → 997,83 €/m lineal de muro

Hormigón	2,25m3/m	x	71,00 €/m3 =	159,75
Armadura de acero inoxidable	239,45 Kg	x	3,50€/Kg =	838,08

Coste por m2 de solera:

Depósito armado con acero al carbono → 33,26 € /m2 solera

Hormigón	0,30m3/m	x	78,00 €/m3 =	23,40
Armadura de acero al carbono	9,48 Kg/m	x	1,04 €/Kg=	9,86

Depósito armado con acero inoxidable → 45,40 € /m2 solera

Hormigón	0,25m3/m2	x	71 €/m3 =	17,75
Armadura de acero inoxidable	7,90 Kg/m2	x	3,50 €/Kg=	27,65

8.2. Costes por emisión de CO2

El 25 de octubre de 2003 se publicó en el Diario oficial de la Unión Europea la Directiva 2003/87/CE, de 13 de octubre, del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo.

La norma obedece a la necesidad de que la Unión Europea reduzca sus emisiones de gases de efecto invernadero de una manera eficaz en cuanto a costes y cumpla con las obligaciones derivadas del Protocolo de Kyoto. De acuerdo con la misma, a partir de 2005 las instalaciones afectadas por la propuesta reciben un número de derechos con los que deben cubrir el volumen de sus emisiones de CO2. En caso de no disponer de derechos suficientes, deberán adquirirlos en el mercado o asumir una considerable sanción.

Así, en España, el Registro Nacional de Derechos de Emisión (Renade) empezó a operar el 20 de junio de 2005 (fue el séptimo país en introducirlo). Depende del Ministerio de Medio Ambiente y lo gestiona Iberclear, la entidad de liquidación de las operaciones de renta fija y variable del holding Bolsas y Mercados (BME), y en él deben inscribirse los derechos de emisión concedidos por el plan nacional a cada empresa e instalación, así como las operaciones mercantiles que se realicen con ellos.

A finales de diciembre de 2005, y tras medio año de funcionamiento, había registradas en Renade 411 cuentas activadas y se habían expedido más de 124 millones de derechos. A principios de enero de 2006 estaban ya en circulación, según datos del Ministerio de Medio Ambiente, el 72% de los derechos asignados para ese mismo año.

Las comunidades autónomas deben comunicar al registro nacional las emisiones de CO2 de las distintas instalaciones verificadas, y a la vista de estos datos Renade cancelará tantos derechos como emisiones hayan producido. Si el número de derechos de una instalación (un derecho permite la emisión de una tonelada de CO2 a la atmósfera) es inferior a sus emisiones reales, esa instalación deberá pagar una multa de 40 euros por tonelada, no estando exenta de presentar los derechos necesarios. Si el número de derechos es superior a lo realmente emitido podrá vender el sobrante o guardarlos excepcionalmente para su propia utilización en los siguientes años de la primera fase de la implantación del mercado de emisiones, que termina en 2007.

Tabla 8.1. Emisiones de gas invernadero por CCAA

	% de emisiones respecto al total	Aumento de emisiones entre 1990 y 2002
España	100,00	38,06
Andalucía	13,69	46,18
Aragón	4,92	22,74
Asturias	8,09	20,23
Baleares	2,33	57,57
Canarias	3,83	76,76
Cantabria	1,33	38,34
Castilla-La Mancha	6,51	41,03
Castilla y León	11,13	26,12
Cataluña	13,65	37,03
País Valenciano	7,04	62,10
Extremadura	2,18	51,24
Galicia	9,15	28,95
Madrid	6,62	55,37
Murcia	2,14	51,83
Navarra	1,44	43,42
País Vasco	5,25	14,32
La Rioja	0,57	46,37
Ceuta	0,07	41,34
Melilla	0,06	49,53

El mercado del CO2 es un mercado incipiente, aunque ya maneje grandes cifras, que se va a ir sofisticando en los próximos años con un mayor número de operadores y transacciones y también con el progresivo desarrollo de productos de inversión muy similares a los que existen ya en los mercados de materias primas y de productos energéticos.

Aunque es un mercado diferente de éstos, porque los derechos de emisión no tienen costes de almacenamiento como otras materias primas, ni su precio de contado y de futuro tiene por qué diferir, como ocurre habitualmente con los de las materias primas y la energía, lo cierto es que los primeros parques de negociación de emisiones de CO2 han surgido de ellos: el de Londres, pionero en Europa, lo abrió el mercado del petróleo, y ahora el también londinense de la energía acaba de auspiciar una segunda plataforma (UKPX); y el francés Powernext está impulsado por el mercado del carbón. El mercado de emisiones escandinavo Nordpool se ha mostrado especialmente activo en futuros y operaciones para mayoristas en los últimos meses. Los mercados de Austria (EXAA) y Alemania (Eex/IPE) cuentan aún con reducidos volúmenes de negociación. (Ver tabla 8.2)

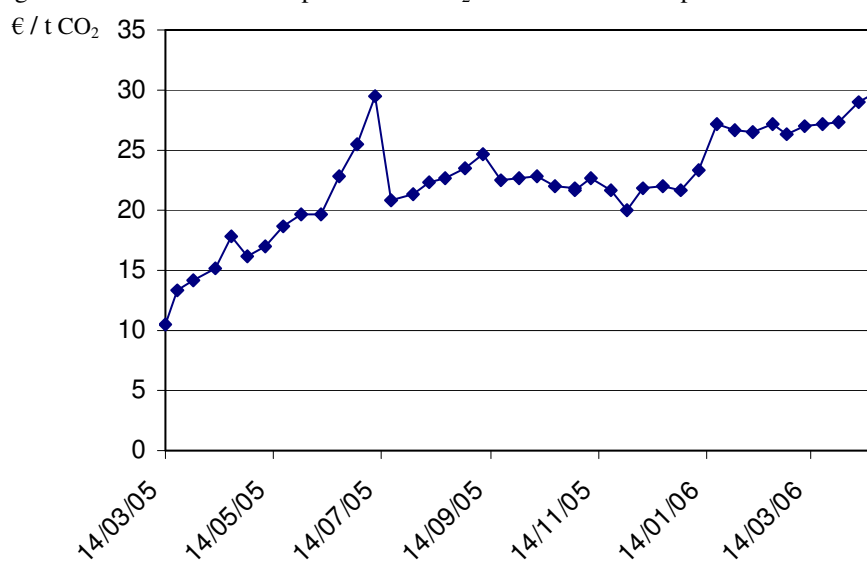
Tabla 8.2. Cotizaciones del CO₂ [Price Waterhouse Coopers e Iberdrola, Climate Change Capital y CIMD; 2006] A 19-12-2005

		Precio (€ /tonelada)	Volumen negociado (día/tonelada)
ACX/IPE Futuros (Reino Unido)	EUA Dic.05	21,05	45.000
	EUA Mar.06	21,05	0
	EUA Dic.06	21,65	106.000
	EUA Dic.07	22,10	50.000
	EUA Dic.08	19,35	0
Nord Pool (Escandinavia)	Spot	21,20	10.000
	EUA Dic.06	21,80	30.000
	EUA Dic.07	22,20	0
	EUA Dic.08	19,50	0
EEX (Alemania)	Spot EUA	21,20	10.000
	Spot Auction	21,15	20.100
	2006	21,75	10.000
	2007	22,24	0
Powemext (Francia)	Spot EUA	21,10	40.000

Las eléctricas españolas habían emitido a finales de noviembre casi 10 millones de toneladas más de CO₂ que las correspondientes a los derechos de emisión que les otorgó el Gobierno para 2005. El déficit ha podido suponerles al final del ejercicio un gasto próximo a los 300 millones de euros. Las tres mayores (Endesa, Iberdrola y Unión Fenosa) gastaron en los nueve primeros meses 215 millones de euros en la compra de derechos, al haber superado el volumen de emisiones que se les concedió.

Las diez primeras europeas (Endesa, Iberdrola, EDF, Enel, AON y Electrabel, entre otras), según un estudio de PricewaterhouseCoopers (PwC), controlan un 30% de los derechos de CO₂ en la UE y coparon su comercio durante el 2005.

Con el precio del crudo y del gas por las nubes el pasado verano, la cotización de los derechos de emisión llegó a situarse en 29 euros por tonelada y a superar en algún momento, en el caso de alguna central eléctrica española, el coste del combustible (carbón) que utilizaba para la generación. (Ver gráfico 8.1)

Figura 8.1. Evolución de los precios del CO₂ en el mercado europeo

El sector energético está trasladando el coste de la compra de derechos de CO2 al precio de la electricidad, por lo que este coste debería ser añadido en el coste actual de los materiales.

Por ello, las tablas 8.3 y 8.4 muestran a continuación los costes de mercado del CO2 emitido para la fabricación de los materiales de construcción de las estructuras sometidas a estudio. En la realización de estos cálculos se ha tomado un precio de 26€/ton CO2 que es el precio sobre el que oscila el valor del CO2 en el mercado europeo durante el primer cuatrimestre del 2006 (ver gráfico 8.1).

Tabla 8.3 Coste de mercado del CO2 emitido durante el ciclo de vida de los **muros**

MURO	Depósito acero carbono		Depósito acero inoxidable	
	Emissiones CO2- eq (Kg)	Coste mercado CO2 (€)	Emissiones CO2- eq (Kg)	Coste mercado CO2 (€)
Fabricación (hormigón+acero)	2.817,16	73,246	2.283,36	59,367
Transporte	10,13	0,263	9,14	0,238
Demolición	7,09	0,184	6,40	0,166
TOTAL		73,694		59,771

Tabla 8.4 Coste de mercado del CO2 emitido durante el ciclo de vida de la **solera**

SOLERA	Depósito acero carbono		Depósito acero inoxidable	
	Emissiones CO2- eq (Kg)	Coste mercado CO2 (€)	Emissiones CO2- eq (Kg)	Coste mercado CO2 (€)
Fabricación (hormigón+acero)	279,73	7,273	200,35	5,209
Transporte	1,18	0,031	0,98	0,025
Demolición	0,83	0,022	0,69	0,018
TOTAL		7,325		5,252

8.3. Repercusión económica total

El coste económico total a considerar contempla los costes que pueden introducir diferencias entre el depósito armado con acero al carbono y el depósito armado con acero inoxidable. Estos costes son los correspondientes a la fabricación de los materiales, además de los costes derivados de los derechos de emisiones de CO2, ya que las empresas eléctricas tenderán a trasladar estos costes al precio de la electricidad.

Tabla 8.3 Costes durante el ciclo de vida de un metro lineal de **muro** (€)

MURO	Depósito acero carbono	Depósito acero inoxidable
	€	€
Costes directos de materiales	454,38	997,83
Costes mercado CO2	73,694	59,771
TOTAL (€)	528,074	1057,61

Tabla 8.4 Costes durante el ciclo de vida de un m2 de solera (€)

SOLERA	Depósito acero carbono	Depósito acero inoxidable
	€	€
Costes directos de materiales	33,26	45,40
Costes mercado CO2	7,325	5,252
TOTAL (€)	40,585	50,652

Los resultados obtenidos en las tablas 8.3 y 8.4 indican que, pese al precio tres veces superior del kilo de acero inoxidable respecto al de acero al carbono, el coste del metro lineal de muro de hormigón armado con acero inoxidable es tan sólo el doble al del armado con acero al carbono. En el caso de la solera las diferencias de coste entre una opción y otra disminuyen aún más.

Si además de esto tenemos en cuenta el ahorro asegurado de costes regulares de inspección y de costes puntuales de mantenimiento y le añadimos el ahorro en impacto ambiental que supone el uso del acero inoxidable, la inverosimilitud de utilizar armadura de acero inoxidable en depósitos de aguas residuales se desvanece y pasa a resultar, si más no, digna de tenerse en consideración.