

## Red de alta velocidad de EE.UU. (USHSRS) Trayecto intercostas Sas Francisco-Washington D.C. (Lado Pacífico)

### *The U.S. high speed railway (USHSRS) Intercoasts way San Francisco-Washington D.C. (Pacific Side)*

Luis Fort López-Tello\*

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Dr. Ingeniero Agrónomo. Jubilado de los Cuerpos de Ingenieros de Caminos del Estado y de Profesores Titulares de Universidad. Madrid.

Carmen Fort Santa-María\*

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. DEA en Ingeniería del Terreno. Eptisa, S.I. División de Infraestructura del Transporte. Madrid

#### Resumen

El trayecto “intercostas” San Francisco Airport-Washington D.C. ofrece, aún formando parte de la red general del Plan de Alta Velocidad de Estados Unidos, una singularidad de explotación federal de la misma, vertebrándola y permitiendo un adelanto progresivo de la comunicación entre los diferentes Estados de USA. **Una primera parte**, siguiendo la división fisiográfica de su territorio de Oeste a Este, corresponde a la vertiente Pacífico, desde sus costas en California hasta los altiplanos de las Rocosas. Esta primera parte del trayecto **lo forman las líneas San Francisco Airport- Sacramento Roseville** (Alternativa “Crossing Bay” del Proyecto Farwest); **Sacramento Roseville- Reno/Carson** (“Tahoe Line” del Proyecto Canevar) y **Reno- Salt Lake City** (“Great Basin Line”, que se describe en este artículo).

Se recopila al final un resumen de figuras características y de costes de construcción, así como una propuesta de explotación y de financiación de esta primera parte “Lado Pacífico” del trayecto intercostas.

Palabras clave: Alta Velocidad, Estados Unidos, Intercostas, Tahoe, Bonneville, Salt Lake.

#### Abstract

*The “intercoasts” way San Francisco Airport- Washington D.C. belong to the general system of the High Speed Railway of the U.S.A., but it presents a singularity of federal exploitation, that hold it up allowing an progressive advance of the USA interstate communication. **A first part**, according to the physiographic division of its territory, from West to East, concerns to the Pacific side, from the pacific coasts in California till the tablelands of the Rocky Mountains. This railway is formed by the lines **San Francisco Airport- Sacramento Roseville** (“Crossing Bay Alternative” of the Farwest Project); **Sacramento Roseville – Reno/Carson** (“Tahoe Line” of the Canevar Project) and **Reno-Salt Lake City** (“Great Basin Line”) that is described in this article.*

*Finally it’s compiled a summary of characteristic figures, construction budget and a proposal of exploitation and financing of this first part “Pacific side” of the intercoasts railway.*

*keywords: High-Speed, United States, Intercostas, Tahoe, Bonneville, Salt Lakes.*

## 1. Introducción

*El trayecto intercostas San Francisco (Costa Pacífico)- Washington D.C. (Costa Atlántico) de la USHSRS*, con más de 4.000 Km de recorrido, atraviesa los Estados Unidos de Norteamérica de Oeste a Este, partiendo *de la Terminal HSR de San Francisco Airport en el Estado de California*, con unas coordenadas geográficas aproximadas de 37,5° de latitud N, 122,5° de longitud W y 16m de altitud, para llegar *a la Terminal HSR de Washington en el Distrito de Columbia* (cedido por los Estados de Virginia y Maryland), aproximadamente a 39° N de latitud, 79°N de longitud y 22m de altitud.

Atraviesa los Estados de California, Nevada (horario “Pacific Time”), Utah, Colorado (horario “Mountain Time”), Kansas, Missouri, Kentucky (horario “Central Time”), Kentucky, Ohio y Pennsylvania (horario “Eastern Time”), manteniéndose entre latitudes de 37,5°N (California) y 41°N (Utah) y altitudes de 6m en Sacramento (California) y 1.591m en Denver (Colorado). La temperatura media del mes de Enero va de -2,6°C en Salt Lake City (Utah) a 10,2°C en San Francisco (California) y la del mes de Julio de 14,7°C en San Francisco (California) a 27,2°C en Kansas City (Kansas). La Precipitación media anual va desde 182mm en Reno (Nevada) a 1036mm en Washington D.C.

*Una vez alcanzada la ciudad de Sacramento en el Proyecto Farwest*, que desarrolla la red de alta velocidad ferroviaria del Estado de California y *la North Connection del Proyecto Canevar*, que contempla la prolongación de dicha red, desde su Terminal Norte en Sacramento Roseville hasta la ciudad de Reno en Nevada y su ramal de acceso a Carson City, capital del Estado, *queda iniciado el trayecto intercostas en sus primeros 372 Km.*

El tramo siguiente de este trayecto, todavía dentro de la “vertiente Pacífico”, permite conectar la capital de Utah, **Salt Lake City**, con las ya comunicadas entre sí por medio de la “North Connection” del Proyecto Canevar de los Estados de California y Nevada, **Sacramento** y **Carson City**. Con una longitud de 680 Km y con su trazado atravesando el *Great Basin*, constituye la “**Great Basin Line**”, **Reno-Salt Lake City**.

De esta forma se puede considerar el Proyecto “**Intercoasts Way I: Pacific Side**” (Figura 1) de 1.052 Km (684 mile), constituido por las tres Líneas:

**“Crossing Bay Alternative”: San Francisco Airport- Sacramento Roseville**, línea estatal (California) de 167 Km, integrada a su vez en el Proyecto Farwest, totalmente dentro de la California High- Speed Railway System;

**“Tahoe Line”: Sacramento Roseville- Reno/Carson City**, línea interestatal (Estados de California y Nevada) de la U.S. High-Speed Railway System, de 205Km, y

**“Great Basin Line”: Reno-Salt Lake City**, Línea también interestatal (Estados de Nevada y Utah) de la U.S.H.S.R.S., de 680 Km.

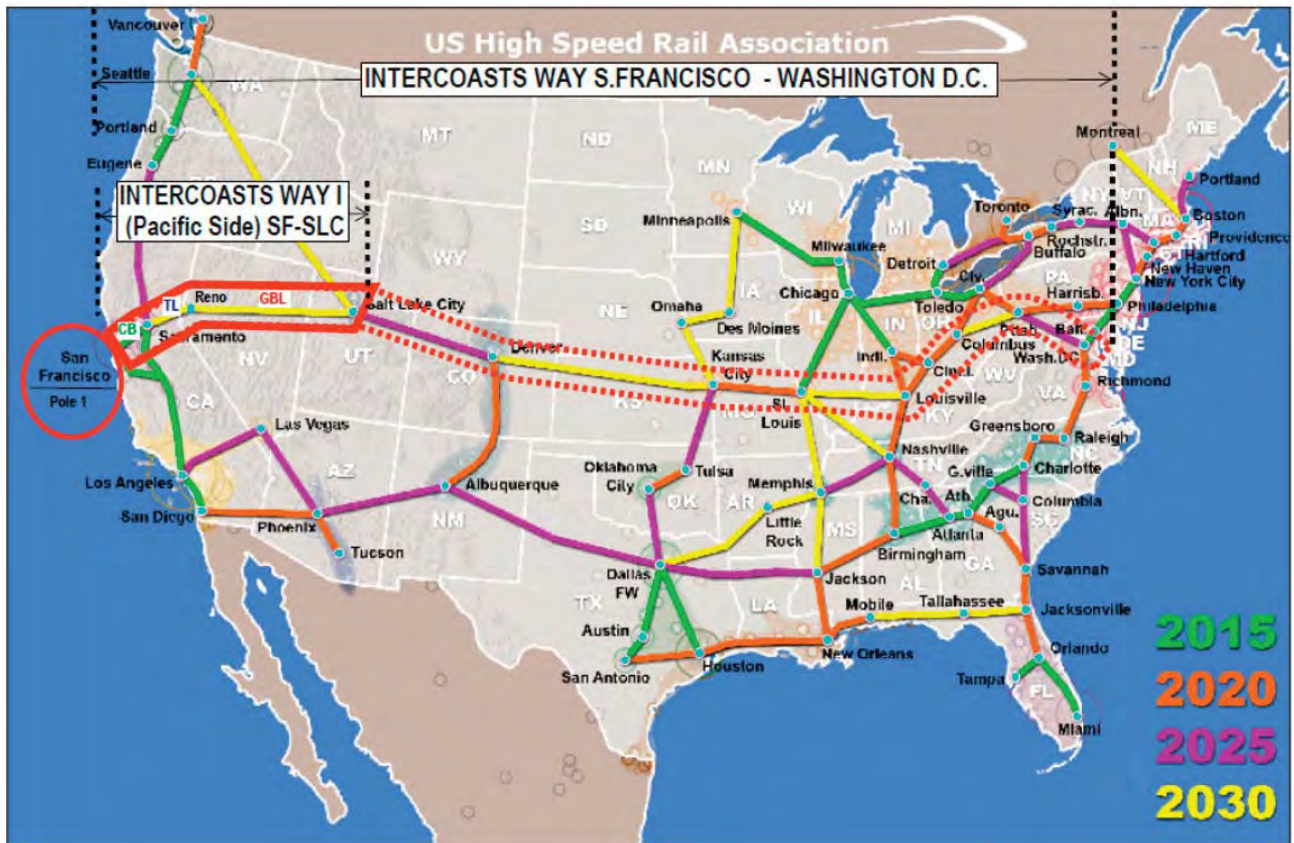


Figura 1. Intercoasts Way I: Pacific Side

## 2. Descripción del proyecto “INTERCOSTAS WAY I: Pacific Side”

En la tabla Resumen (Tabla 1) se desglosa por líneas las figuras características, morfológicas, constructivas y económicas de este proyecto. Puede destacarse de forma global que este Proyecto requiere la construcción de 1052 Km (654 mile) de plataforma de vía, de los cuales 194 Km en túnel (diez “long tunnels”), 63 Km en viaducto (cinco puentes colgantes múltiples, con 26 Km de longitud) y 795 Km a cielo abierto (960 Mm<sup>3</sup> de movimiento de tierras más 27 Mm<sup>3</sup> de excavación en túneles). La explotación de la sección Pacífico de este trayecto intercostas, en condiciones de seguridad y adecuado servicio se proyecta hacerla con siete estaciones (cuatro grandes terminales) y diecisiete puntos de adelantamiento y estacionamiento de trenes (PAETs/TSAPs).

Este Proyecto supone una inversión total de 27.402 M\$, con un coste unitario de 26,05 M\$/Km, ligeramente superior al de eficiencia FOM (coste que el Ministerio de Fomento del Gobierno de España aprobó en 2010 para la ejecución de obras públicas de infraestructuras ferroviarias de alta velocidad), que en condiciones medias aplicables por analogía, sería de 23,88 M\$/Km.

El coste total imputable a cada uno de los tres estados por los que discurre esta infraestructura interestatal, es de 10.200 M\$ (297 Km) a California (37,22%), 12.875 M\$ (575Km) a Nevada (46,99%) y 4.327 M\$ (180 Km) a Utah (15,79%).

En el Proyecto Farwest, se prevé la construcción de la línea San Francisco Airport-Sacramento Roseville, en la “Crossing Bay Alternative” en un plazo de ocho años (7 al 15 del California High Speed Train Program CHSTP) con un coste de 6.910 M\$.

En el Proyecto Canevar, la línea “Tahoe Line” de la “North Connection” que enlaza las capitales de California y Nevada se puede construir en un plazo de siete años, por lo que para coordinar la explotación de este trayecto con la incorporación del gran foco de población que es el área de la Bahía de San Francisco, esta línea debería acometerse de forma inmediata en el ramal Reno-Carson y desde Reno y Sacramento para completarla para el año 7 del CHSTP. El coste previsto de esta línea es de 6.806 M\$, de los cuales 3.516 M\$ (2.110 M\$ para el ramal a Carson) imputables al Estado de Nevada y 3.290 M\$ al Estado de California.

Para hacer operativa la Sección “Pacífico” del Trayecto Intercostas en el plazo de quince años, se propone la construcción de la línea “Great Basin Line” Reno-Salt Lake City en ese plazo (1 al 15 del CHSTP), con actividad constructiva simultánea en los Estados de Nevada y de Utah. Dada la dificultad del trazado en el Estado de Utah al atravesar el **Great Salt Lake** por la posibilidad de licuefacción de los sedimentos modernos de este lago sobre los más antiguos consolidados del **Bonneville Lake** ante sismos probables de magnitud  $\geq 7,5$ , relacionados con las principales fallas de la parte sur del Great Salt Lake, “Antelope Island Fault”, “East Lake Fault” y “Carrington Island Fault”, podría ser aplicable un diagrama espacio-tiempo como el esquematizado en la Figura 2.

Tabla 1. Summary of the: Interoasts Line (Pacific Side)

		Farwest Project		Canevar Project		Interoasts Project		USHRS	
Units	Sections Items Charac.	"Crossing Bay Alternative"		"Tahoe Line"		"Great Basin Line"		Interoasts Way (Phase I)	
		San Francisco Airport-Sacramento Roseville		Sacramento Roseville - Reno/Carson		Reno-Salt Lake City		Pacific Side (S Fco-S L City)	
Km	Total Length Section	167,0	(104mile)	205,0	(127mile)	680,0	(423mile)	1.052	(654mile)
Km (%)	Length of Cut & Fill areas	84,0	(50,30%)	141,0	(68,78%)	570,0	(83,82%)	795	(75,67%)
Km (%)	Overall Length of Tunnels	61,0	36,53%	60,0	(29,27%)	73,0	(10,74%)	194	(18,44%)
Km (%)	Overall Length of Viaducs	22,0	(13,17%)	4,0	(1,95%)	37,0	(5,44%)	63	(5,99%)
Internal Station	Localisation of Int.Station	VALLEJO		CARSON CITY		BONNEVILLE (TSAP)		VALLEJO-CARSON-BONNEVILLE	
Number (E/Sint)	TSAP/PIB (PAET/BIP) / (Line + Station)	8	(6+2)	6	(4+2)	8	(7+1)	22	(17+5)
Km/h	Average Speed	295		284		315		306	
Mm <sup>3</sup>	Earth Moving (Overall section)	60,26		495,19		431,50		986,95	
Mm <sup>3</sup>	from excavation	2,43		319,81		9,95		338,38	
Mm <sup>3</sup>	from fill	49,21		87,69		267,23		404,13	
Mm <sup>3</sup>	from tunnels	8,62		8,27		9,95		26,84	
Mm <sup>3</sup>	after compensate (except specifics)	-38,16		319,81		-102,96		178,69	
Mm <sup>3</sup>	Deficit (-)	-46,78		0,00		-112,91		-159,69	
Mm <sup>3</sup>	Excess to dump (+)	8,62		319,81		9,95		338,38	
Number	Overall tunnels by section	13		5		6		23	
nb (Km)	Long tunnels (≥ 6 Km)	4 (24)		4 (56,50)		2 (70,00)		10 (151,24)	
nb (Km)	Shorts tunnels (≤ 1,25 Km)	-		-		-		4 / 6	
Km	Length of long tunnels	14/13/6,7/6		16/15,5/12,5/12,5		35/35		35(2)/16/15,5/14/13/12,5(2)/6,7/6	
m <sup>3</sup>	Construction works (Overall)	335.770		108.550		619700		1.064.020	
nb	Viaducs	12		5		12		29	
nb-m <sup>2</sup>	Others Bridges	31	34.250	33	24.150	66,0	64.650,0	130	123.050
nb-Km	Suspension (800 m span) bridges	3	12,88	1	1,60	1	11,20	5	25,68
M\$	Construction budget (A+B+C+D+E+F+G)	6.910		6.806		13686		27.402	
M\$	Earth moving (a)	883		2860		5072		8.815	
M\$	Tunnels (b)	2372		2139		2549		7.060	
M\$	Construction works (c)	2328		257		1784		4.369	
M\$	A - Infrastructure (a+b+c)	5583		5256		9405		20.244	
M\$	B - Overstructure	356		463		1485		2.304	
M\$	C - Equipments	426		594		1971		2.991	
M\$	D - Environmental Protection	113		113		227		453	
M\$	E - Design, O/C, Management.	162		162		327		651	
M\$/Km	F - Supplemet Construction budget by Stations & Building TSAP	270		218		271		759	
M\$/Km	Unit cost (included Stations)	41,38		33,20		20,13		26,05	
M\$/Km	Unit efficiency Cost (FOM Ministry Spain Ref.2010)	33,80		29,88		19,63		23,88	
FOM M\$/Km	Relief-Type-Nature	VS-2-Mari/Urb		VS-2-Ru/s/Urb		W-2-Ru		VS/W-2-Mari/Ru/Urb	
M\$/State	State Imputed Cost	6.910 CALIFORNIA		3.290 CALIFORNIA 3.516 NEVADA		9.359 NEVADA 4.327 UTAH		10.200 CALIFORNIA 12.875 NEVADA 4.327 UTAH	

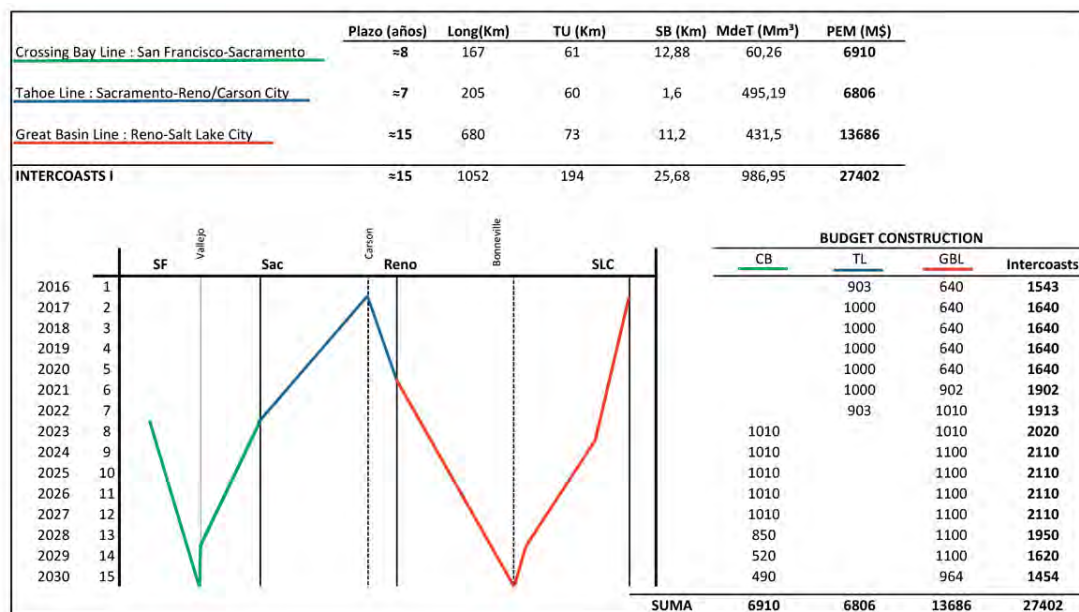


Figura 2. Programación Valorada Espacios-Tiempo del Proyecto Intercoasts I (Pacífico Side)

La necesidad de fondos federales para este Proyecto, no teniendo en cuenta la línea San Francisco-Sacramento por haber sido considerada en la financiación del Proyecto Farwest de la CHSR ni el ramal de acceso a Carson City desde Reno, por interés propio del Estado de Nevada, es de 18.382 M\$ (incluyendo la parte proporcional de la estación de Reno), lo que supone un coste para los 840 Km interestatales de 21,88 M\$/Km. Corresponden 3.290 M\$ a California, 10.765 M\$ a Nevada y 4.327 M\$ a Utah, que según la programación representada en la Figura.2, supondría el siguiente cronograma de necesidad de asignación de fondos federales por líneas y por Estados (Tablas 2a y 2b).

Tabla 2a. Financiación con fondos federales de las líneas interestatales I (TL) y (GBL) en M\$

Años calendario	Años CHSTP	Sacramento-Reno/Carson		Reno - Salt Lake City	
		TAHOE	LINE (TL)	GREAT BASIN LINE (GBL)	
		California	Nevada*	Nevada	Utah
2016	1	436	467 (187)	438	202
2017	2	483	517 (207)	438	202
2018	3	483	517 (207)	438	202
2019	4	483	517 (207)	438	202
2020	5	483	517 (207)	438	202
2021	6	483	517 (207)	617	285
2022	7	439	464 (184)	691	319
2023	8			752	319
2024	9			752	348
2025	10			752	348
2026	11			752	348
2027	12			752	348
2028	13			752	348
2029	14			752	348
2030	15			658	306
<b>SUMA</b>		<b>3290</b>	<b>3516 (1406)</b>	<b>9359</b>	<b>4327</b>

\* Financiación del Ramal a Carson: 45 km (45/75)\*3516=2110 M\$ con fondos estatales o locales

**Tabla 2a.** Financiación con fondos federales (forthcoming)\* del proyecto INTERCOASTS I (Pacific side) en M\$

Años\Estados	CALIFORNIA	NEVADA	UTAH	INTERCOASTS I (Pacific Side)
2016	436	625	202	1263
2017	483	645	202	1330
2018	483	645	202	1330
2019	483	645	202	1330
2020	483	645	202	1330
2021	483	824	285	1592
2022	483	875	319	1633
2023	439	691	319	1010
2024		752	348	1100
2025		752	348	1100
2026		752	348	1100
2027		752	348	1100
2028		752	348	1100
2029		752	348	1100
2030		658	306	964
<b>SUMA</b>	<b>3290</b>	<b>10765</b>	<b>4327</b>	<b>18382</b>

\* La Línea San Francisco-Sacramento “Crossing Bay Alternative” (CB): 6910 M\$ financiados en la CHSRS

### 3. Reseña descriptiva de las líneas del proyecto “INTERCOASTS I : Pacific Side”

#### 3.1. Línea HSR San Francisco Airport\_Sacramento Roseville

(Descripción tomada del Proyecto Farwest “Bay Crossing Alternative”)

##### Introducción

El Proyecto FARWEST plantea como hito final para culminar la red de alta velocidad ferroviaria del Estado de California (CHSRS), según la previsión del Plan federal de alta velocidad ferroviaria de Estados Unidos (USHRS), la construcción de la LAV San Francisco Airport – Sacramento Roseville, cruzando la Bahía de San Francisco (“Bay Crossing Alternative”).

##### Descripción de la línea HSR San Francisco-Sacramento “BAY CROSSING ALTERNATIVE”

###### A. Trayecto urbano en San Francisco

La alternativa “Golden Gate” de la línea Fresno – San Francisco termina en la HSR San Francisco Airport Station, situada en una parcela de forma triangular entre la Hwy 101 Bay Shore y la Huntington Avenue en San Bruno, junto al Aeropuerto Internacional de San Francisco (Figura3). La nueva línea se inicia en esta estación (pk≈272+100) y llega en este trayecto hasta la costa norte de la península de San Francisco, en las proximidades del simbólico puente colgante Golden Gate, muy cerca del nudo que enlaza la Hwy 101 con la interestatal 1 (Veterans Boulevard) a la salida del túnel General Douglas Mac Arthur (Figura4).

Es un tramo urbano, gran parte en túnel, conectando con otras redes de transporte, principalmente la MUNI, en la SAN FRANCISCO Forest Hill MO Station en Midtown Terrace, para el servicio de cercanías del área de la bahía (Figura 4). Pasa en túnel bajo los “Golden Gate Park” y “Presidio Golf Course”, para salir a superficie a la cota 40 en el pk 292+100, después de pasar bajo la 101 DOYLE DRIVE (Figura 4).



**Figura 3.** HSR San Francisco Airport Terminal Station



**Figura 4.** Línea HSR “BCA” Trayecto urbano en San Francisco

El inicio del tramo se hace soterrando la traza y con un viaducto urbano, para entrar a continuación en túnel (TU 1, de 4,2 Km), desde la estación también subterránea de San Francisco Airport, bajo DALY CITY, en la zona de San Bruno (Figura 5). Atraviesa San Bruno Mountain State & County Park, para salir a superficie un pequeño tramo, una vez cruzada la Bay Area Rapid Transit Line ( BART ), la Hwy 280 ( John F. Foran Fwy) y la San José Avenue con la MUNI METRO M .





Tras un tramo deprimido, a cielo abierto por motivos de seguridad y rescate, entra de nuevo en túnel (TU 2, de 3 Km) bajo el City College of San Francisco, Phelan Avenue, Monterey Boulevard, Mount Davidson Park Portola Drive, Miraloma Park y Estación HSR de San Francisco, conectada con la estación MUNI Metro de Forest Hill en Midtown Terrace, y haciendo servicio de PAET anterior al cruce de la Bahía.

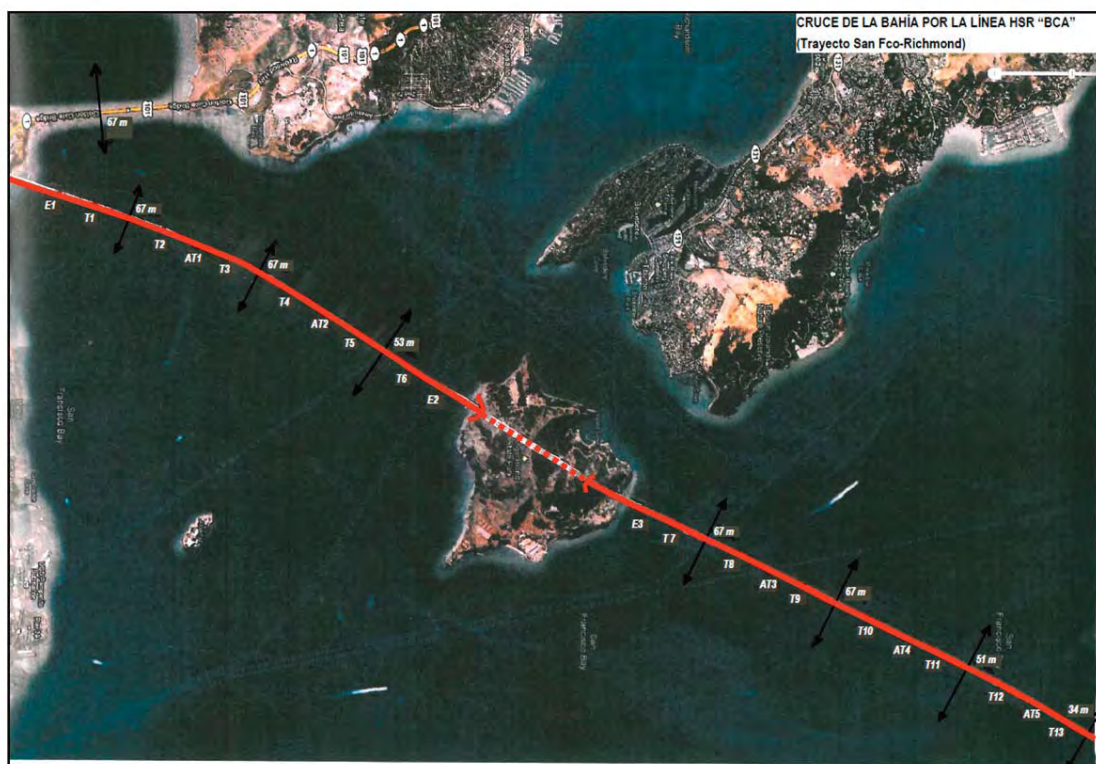
El trazado continúa bajo Clarendon Avenue, bordeando por el Este Laguna Honda Reservoir, bajo Warren Drive y Parnassus Avenue en la alineación de la 5th Avenue, por donde continúa a cielo abierto hasta Lincoln Way, donde radica la entrada del túnel TU 3, de 6,75 Km, que atraviesa Golden Gate Park en amplias curva y contracurva para cambiar de alineación a la de la 6th Avenue, por donde continúa en túnel artificial (cut & cover), con un tramo a cielo abierto, también por motivos de seguridad, evacuación en su parte final (por Lake Street West Pacific Avenue).

Otro túnel ( TU 4, de 6 Km ) pasa en el distrito “Presidio of San Francisco” bajo el Golf Course, Boulevard Lincoln y 101 Doyle Drive, hasta salir a superficie, por su boca norte (Portal Bahía), como se ha comentado anteriormente, en el arranque del Viaducto 1 que da origen al segundo trayecto de esta línea (Figuras 4 y 5).

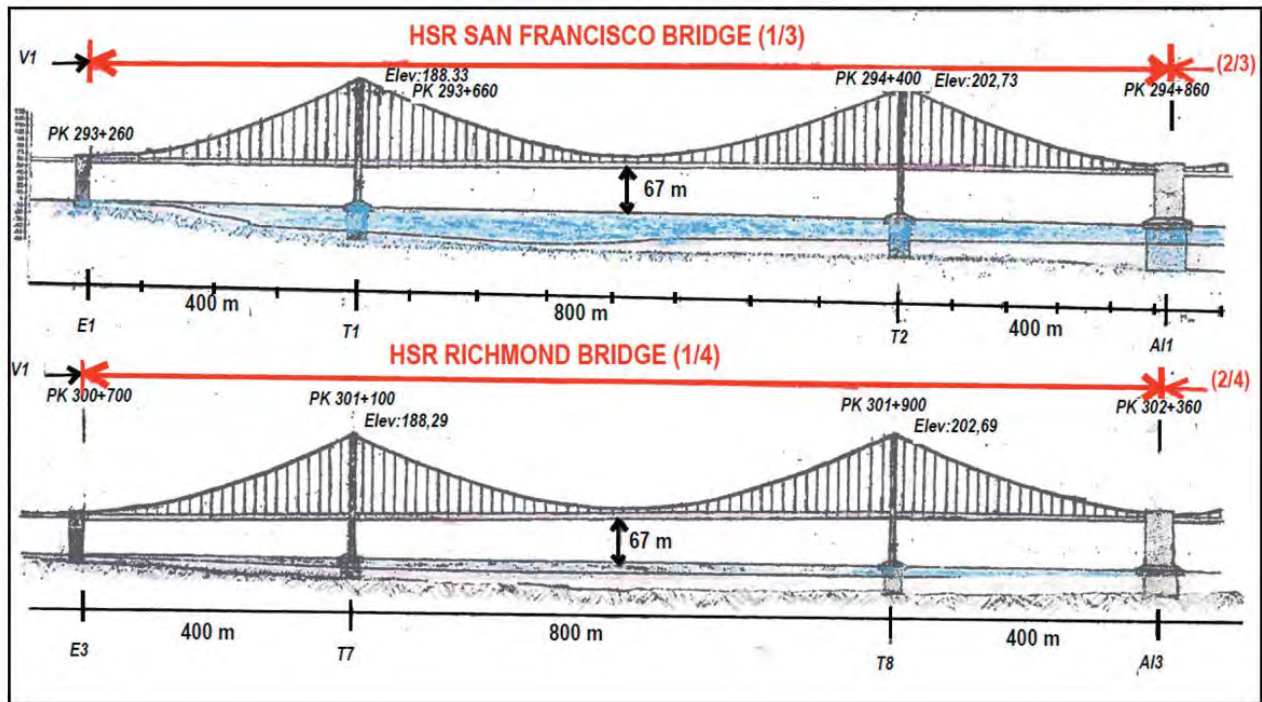
### B. Trayecto San Francisco – Richmond (Cruce de la Bahía)

La construcción de este trayecto representa la obra de ingeniería más importante y de marco más espectacular de todas las redes de transporte de California y particularmente de la alta velocidad ferroviaria CHSRS.

En el cruce de la Bahía por la línea de alta velocidad San Francisco – Sacramento, se pueden distinguir las siguientes unidades morfológicas y estructurales (Figuras 6 y 7).



**Figura 6a.** Cruce de la Bahía por la Línea HSR “BCA”, Trayecto San Francisco-Richmond



**Figura 6b.** Alzados parciales de los Puentes Colgantes del Cruce de la Bahía por la Línea HSR “BCA” (Trayecto San Francisco-Richmond)

## 1 - PASO 1 DE LA BAHIA

- 1.1. VIADUCTO 1 “ACCESO SAN FRANCISCO PRESIDIO” L= 1.100m (pk 292+140 a 293+240)
  - 11 Vanos de tramo recto, de 100m de luz
  - Planta curva centro derecha de gran radio
  - Rasante en rampa de +18milésimas. Cotas rasante: EA 40,97m E11 60,77m
- 1.2. PUENTE COLGANTE MÚLTIPLE “HSR SAN FRANCISCO” L=4.800m (pk 293+260 a 298+060)
  - 3 Puentes colgantes de tres vanos ( 400-800-400 ) alineados, con anclaje común entre cada dos
  - Planta curva transición –recta-transición inversa
  - Rasante en rampa de +18 milésimas (1.600m)/ en pendiente de -18milésimas(3.200m)
  - Cotas rasante: E12 61,13m E21 46,73m
  - Gálibo de navegación en centro de vanos: T1-T2 67m T3-T4 67m T5-T6 53m
- 1.3. VIADUCTO 2 “ACCESO SUR ANGEL ISLAND” L= 500m (pk 298+080 a 298+580)
  - 5 Vanos de tramo recto de 100m de luz
  - Planta curva centro izquierda de gran radio
  - Rasante en pendiente de -18 milésimas Cotas de rasante: E22 46,37m EB 37,37m

## 2 — TUNEL “ANGEL ISLAND”

- Túnel excavado con TBM L=1.160m ( pk 298+620 a 299+780 )
- Planta en doble transición, con rasante en rampa de + 8 milésimas
- Portal Sur (298+620) Cota de rasante : 37,37m
- Portal Norte (299+780). Cota de rasante : 46,33m

## 3 – PASO 2 DE LA BAHÍA

### 3.1. VIADUCTO 3 “ACCESO NORTE ANGEL ISLAND” L= 800m (pk 299+880 a 300+680)

- 8 Vanos de 100m de tramo recto de 100m de luz
- Planta curva centro izquierda de gran radio
- Rasante en rampa de +18 milésimas. Cotas de rasante : EC 46,33m E31 60,73m

### 3.2. PUENTE COLGANTE MÚLTIPLE “HSR RICHMOND” L= 6.400m (300+700 a 307+100)

- 4 Puentes colgantes de tres vanos (400-800-400) alineados, con un anclaje común entre cada dos
- Planta curva transición – recta – recta – recta
- Rasante en rampa de +18 milésimas (1.600m)/ en pendiente de -11,6 milésimas (4.600m) Cotas de rasante : E32 61,09m E41 34,37m
- Gálibo en centro de vanos : T7-T8 67m T9-T10 67m T11-T12 51m T13-T14 34m

### 3.3. VIADUCTO 4 “ACCESO POINT RICHMOND” L= 400m ( pk 307+120 a 307+520 )

- 4 vanos de tramo recto de 100m de luz
- Planta recta
- Rasante en pendiente de -10,5 milésimas Cotas de rasante : E42 34,16m ED 29,92m

La longitud de este trayecto es de 15.480m, entre el portal Bahía del Túnel Presidio de San Francisco ( pk 292+100 ) hasta el portal Bahía del Túnel artificial Point Richmond ( 307+580 ).El trayecto, según la descripción anterior, sería la conexión de mayor longitud sobre la Bahía. Morfológicamente, está constituida por las siguientes unidades:

- 11,28 km en puente colgante múltiple con vanos de 800m de luz principal
- 2,90 Km en viaductos de acceso, con vanos de tramo recto de 100m de luz
- 1,30 Km en túnel y trincheras de acceso al túnel en Angel Island

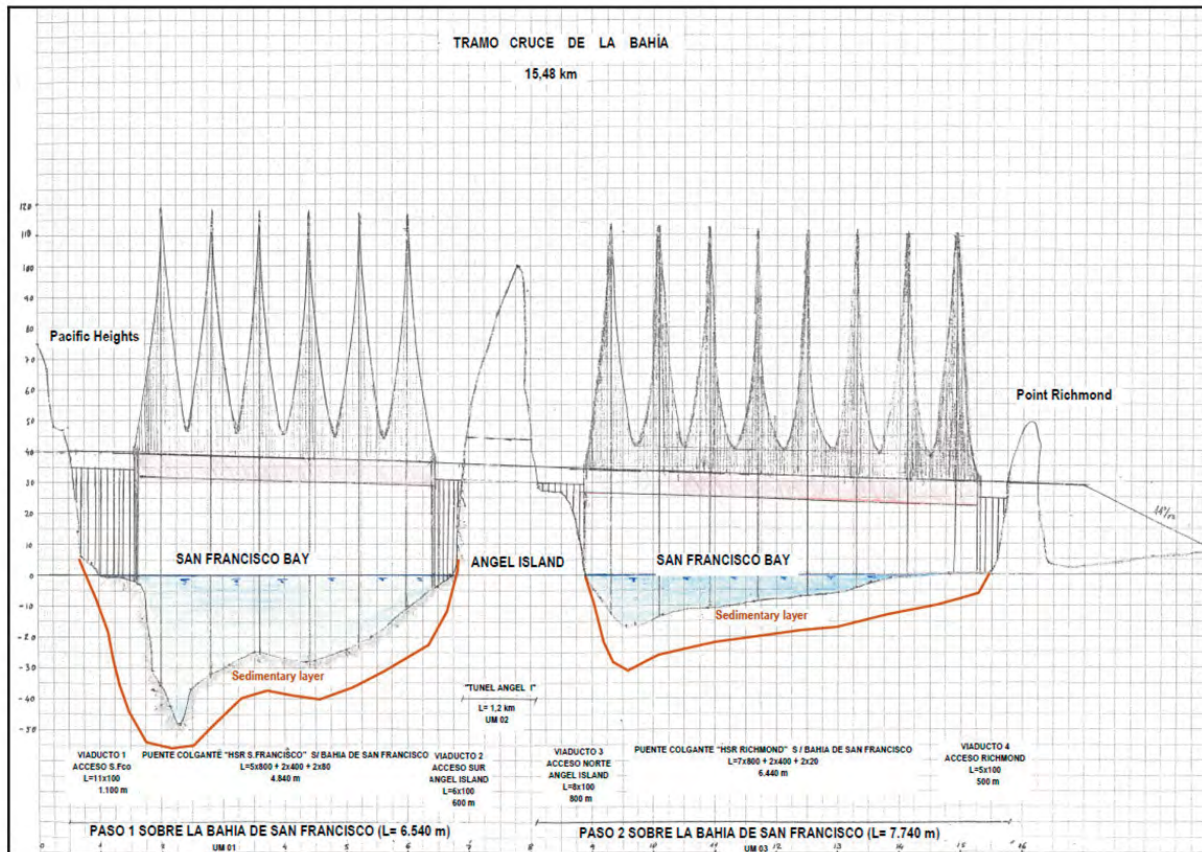
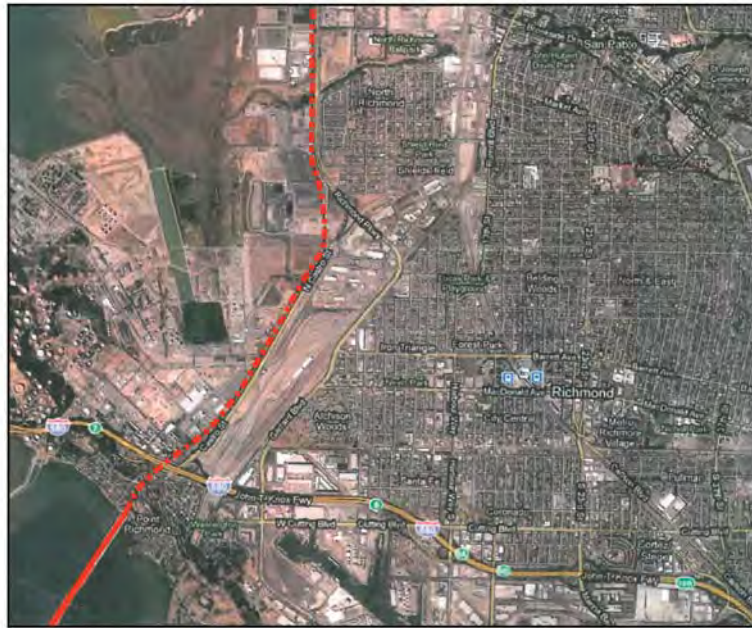


Figura 7. Perfil del fondo de la Bahía por el eje del trazado de la línea con espesor de sedimentos

### C. Trayecto Richmond-Sacramento

A la salida del túnel artificial de Point Richmond (pK 307+580) el trazado pasa (Figura 8), en la zona de Richmond, bajo la 580 John T Knox Fwy y sigue, en terraplén, paralelo a Castro Street y al anejo parque de vías, hasta alinearse con la Richmond Pkwy por su margen oeste, para atravesar en túnel (TU1 de 6Km) la zona urbana de San Pablo, llegando a cruzar (una vez sobrepasada la San Pablo Avenue con el viaducto de tramo recto V1) la Bahía de San Pablo mediante un puente colgante de 1,6 Km y sus tramos de acceso (Viaducto V2), situado ligeramente al oeste del Estrecho de Carquínez, en Morrow Cove.



**Figura 8.** Paso por Richmond del Trazado de la Línea HSR “BCA” (Trayecto Richmond-Sacramento)

Seguidamente cruza la Hwy 80, para entrar en la HSR Station de Vallejo, cuya ubicación se propone, de forma parcial, sobre una parcela de forma trapecial sin edificar, próxima a la autopista. A continuación pasa en túnel de 13 Km (TU 2) por el extrarradio urbanizado de la ciudad de Vallejo, en la zona de Glen Clove, al noroeste de Benicia (Figura 9). Poco antes de cruzar Lake Herman Road continúa el trazado a cielo abierto, con terraplenes y desmontes de mediana altura, y túneles (TU 01, TU 3 y TU 02) en las proximidades de Fairfield.



**Figura 9.** Paso por Vallejo del Trazado de la Línea HSR “BCA” (Trayecto Richmond-Sacramento)

En este trayecto (Figura 10) se emplazan los PAETs de Rodeo (Richmond)(≈pK 330), Fairfield (≈pK 370) y Davis (≈pK 410). El PAET de Rodeo de este trayecto, junto con el PAET situado en la estación de San Francisco “Forest Hill” en el trayecto primero antes descrito (San Francisco urbano), se convierten en los centros de explotación del trayecto intermedio San Francisco- Richmond, que regulan desde el punto de vista de seguridad y estrategias de rescate en caso de accidente, el paso de la Bahía en sus viaductos de acceso, puentes colgantes y túneles (lado San Francisco, Angel Island y lado Richmond).

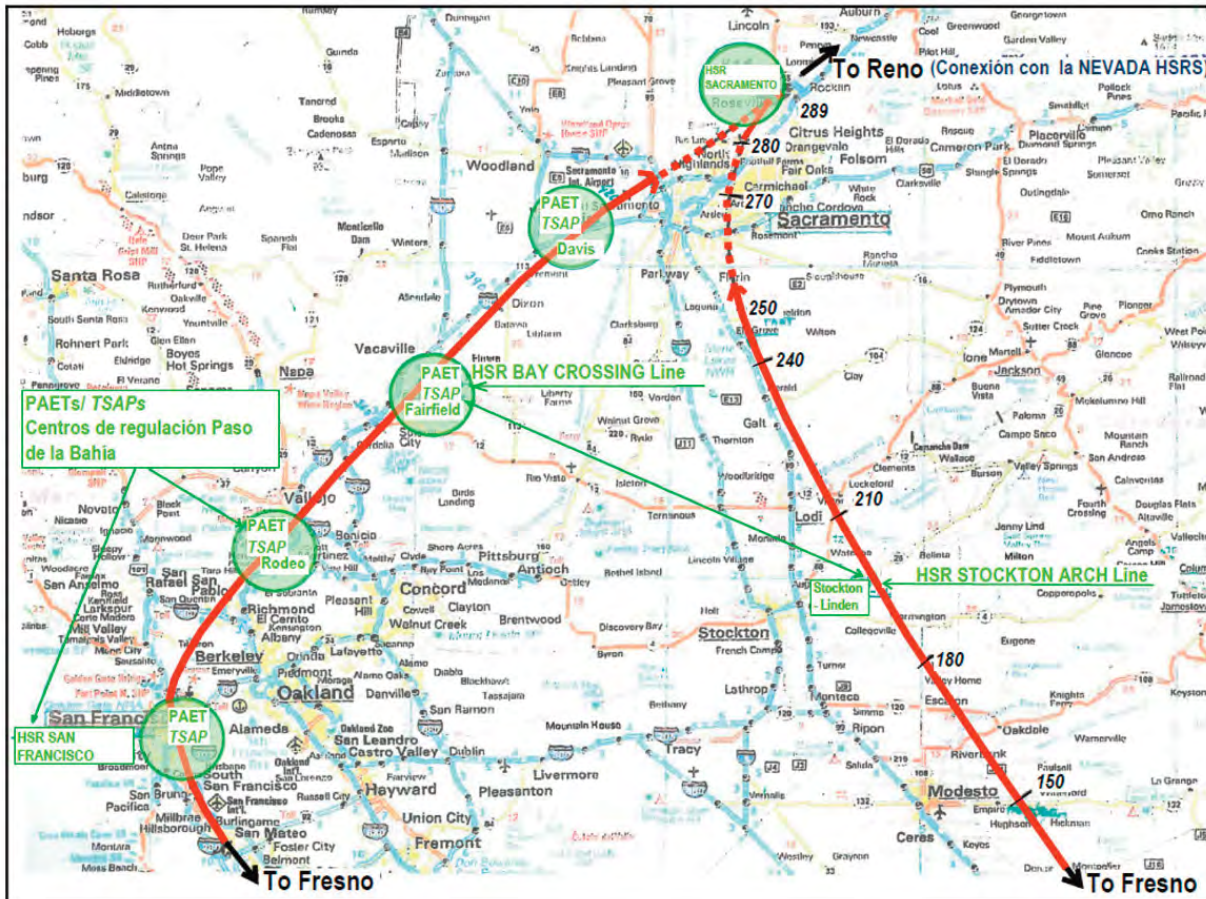


Figura 10. Localización de PAETs en la HSR “BCA” Line.

El PAET de Fairfield se comunica con el PAET de Stockton-Linden de la línea Fresno- Sacramento “Stockton Arch Alternative” por la carretera estatal 12, lo que puede contribuir a reforzar las medidas de evacuación en caso de necesidad o de bloqueo en la HSR o túneles de Sacramento.

Al llegar a la zona de West Sacramento, el trazado de la línea “Bay Crossing” pasa sobre el Sacramento River con un viaducto (V3), con arco de tablero intermedio de 200m de luz, y bajo la Hwy 5, en el túnel urbano de 14 Km de longitud (TU 03), construido con pantallas, y saliendo a cielo abierto después de atravesar North Highlands. A continuación y pasado Antelope, coincide en alineación (traza y rasante) con la línea HSR Fresno- Sacramento “Stockton Arch Alternative” en Roseville, donde se emplaza la gran terminal HSR Sacramento Roseville Station, cabecera de la futura línea HSR interestatal a Reno (Nevada) (Figura 11).



*Figura 11. Coincidencia de las Líneas HSR “BCA” y HSR “SA” en la Terminal Station Sacramento Roseville*

### 3.2 Línea U.S.H.S.R. Sacramento Roseville-Reno/Carson

(Descripción tomada del Proyecto Canevar)

#### Conexión redes HSR de los estados de California, Nevada y Arizona

#### Solución propuesta: CANEVAR CONNECTION (North & South) (Figura12)

##### North Connection

Se realiza la conexión Norte California-Nevada mediante la “**Tahoe Line**” que arrancando de la Terminal de Sacramento Roseville, comunica la capital del Estado de California con la ciudad de Reno en Nevada y con la capital del Estado de Nevada, Carson City, mediante un ramal de 45 Km/28 mi. De la estación de Reno, partirá la línea Reno-Salt Lake City, que extenderá la conexión de alta velocidad ferroviaria con el Estado de Utah.

Esta línea, de 205 Km de longitud (160 Km a Reno y 45 Km del ramal a Carson City), se desarrolla, como se detalla en la Tablas 3a y 3b, con 130 Km en California y 75 Km en Nevada.

Se proyectan 4 PAETs/TSAPs, localizados aproximadamente en pK 23 (**Auburn**), pK 62 (**Tahoe West**), pK114 (**Tahoe East**) y pK 186 (**Virginia City**), los tres primeros en California y el cuarto en Nevada, además de los situados en la HSR Station de Reno y en la Terminal HSR de Carson.

Se prediseña esta línea (Figura 13) con cinco túneles (dos “long tunnels” de 12,5 Km y otro de 3,5 Km en California y dos “long tunnels” de 15,5 Km y 16 Km en Nevada) y treinta y tres grandes estructuras de paso. Se considera necesaria la construcción de explanada para trenes VAL, como mínimo entre los pK 62 (PAET Tahoe West) y 160 (Estación de Reno).

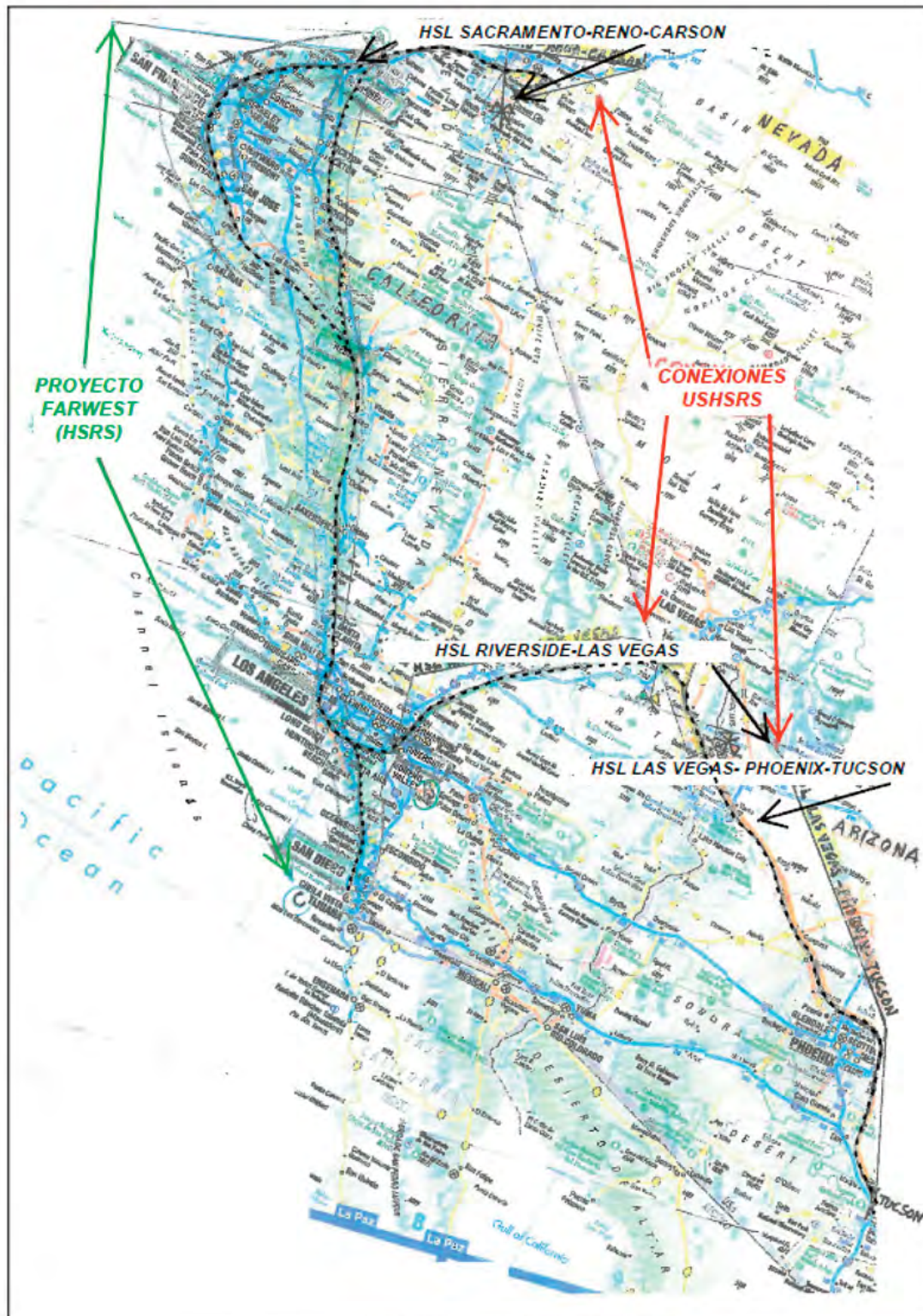
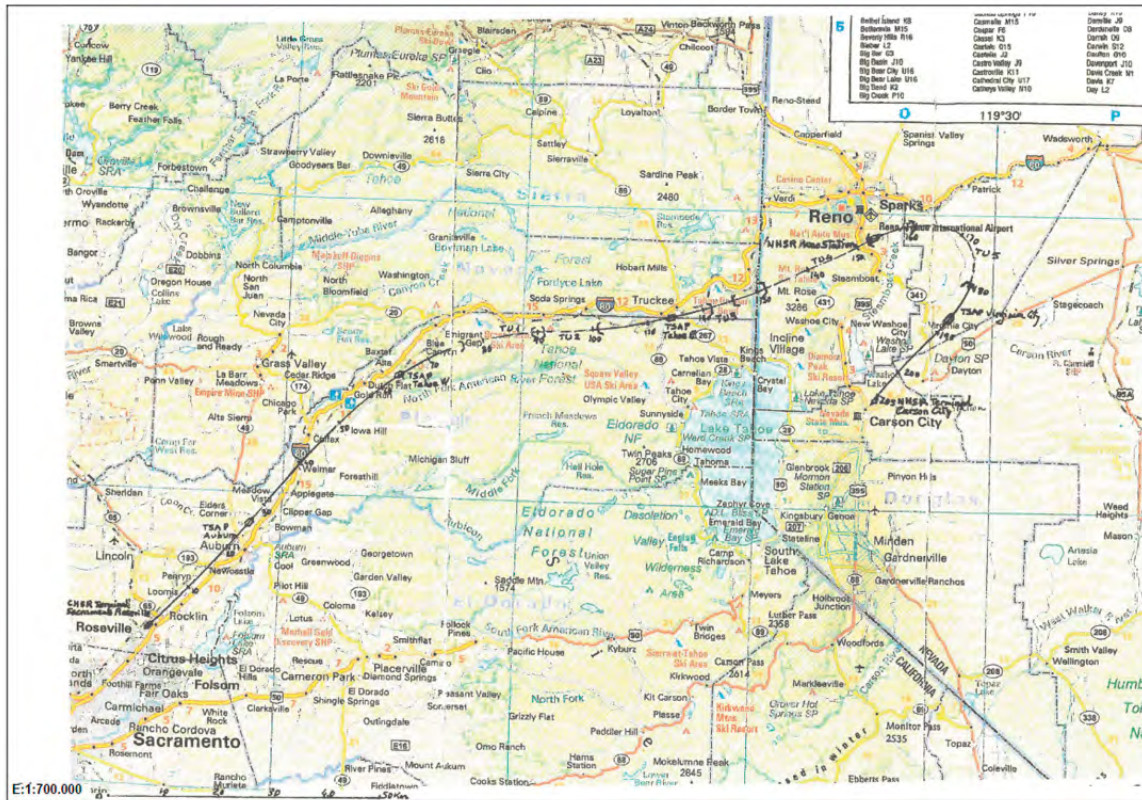


Figura 12. CONNECTIONS CHSRS-NEVADA/ARIZONA

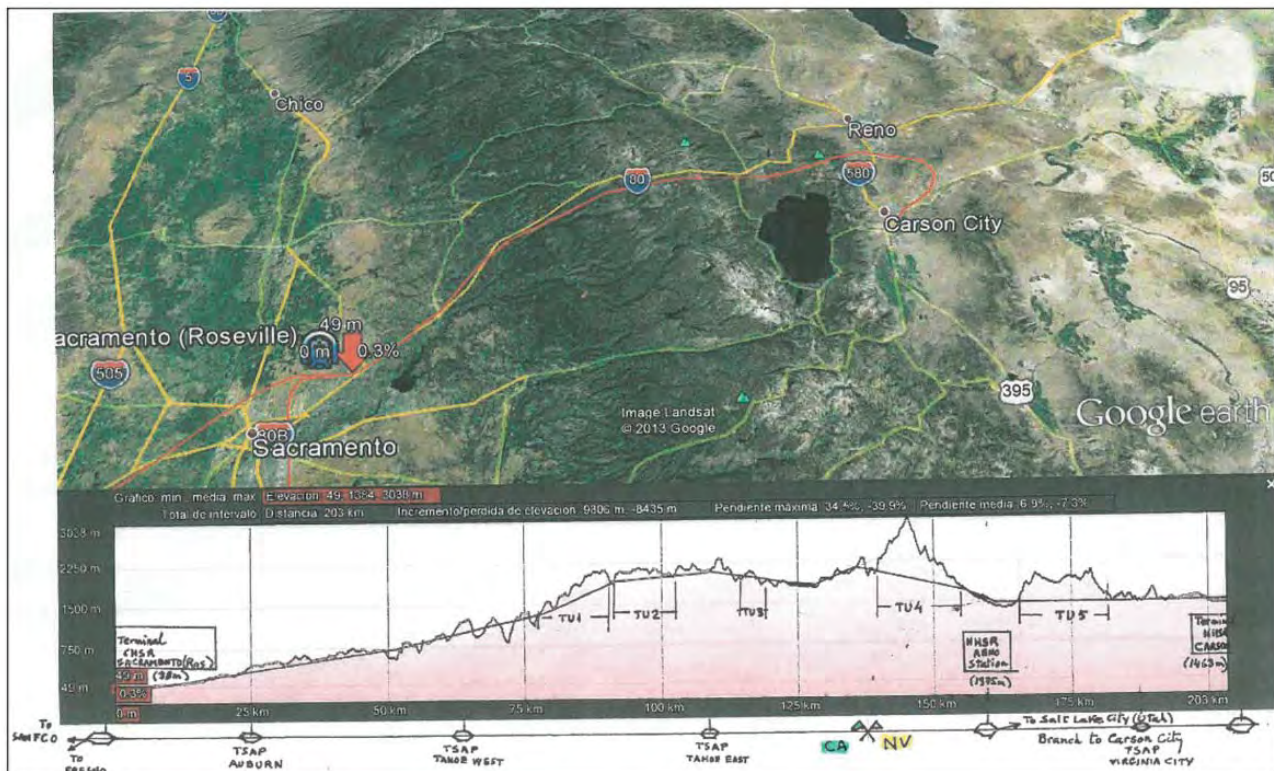


Table 3a	HSLs in CANEVAR PROJECT					Σ HSLCANEVAR CONNECTION	
	HSL	HSL	HSL	HSL	HSL	North	South
	"TAHOE LINE"	"DESERT EXPRESS"	"RIVERSIDE-PHOENIX"	"MOUNTAINS LINE"	"APACHE LINE"		
(MI/Km) Total Length	127,5/205	204/328	426/685	270/435	115/185	127,5/205	606/975
(Km)Tunnels total length	60,0	136,0	159,5	92,5	6,5	60,0	394,5
Number TSAP/PAETs	4	5	10	3	4	4	22
Number Tunnels	5	9	11	4	1	5	25
Number Long tunnels	4	8	12	4	1	4	13
(Km)Length Long tunnels	6-6,5-0,5-0,5	6-11,5-16-30-21,5-23-10,5-0,5	23,5-25-0,5-0,5-11,5-16-11,5-16-30-21,5-23-0,5	33,5-25-23,5-0,5	6,5	6-6,5-0,5-0,5	33,5-25-10,5-2-11,5-16-11,5-16-30-21,5-23-0,5-0,5
Construction works	33	49	78	24	27	33	178
Hwy cross	4	9	12	7	4	4	32
Multilane cross	4	7	12	2	3	4	24
Other roads cross	7	19	27	11	6	7	63
Railway cross	9	4	4	1	1	9	10
River bridges	9,0	10,0	23,0	3,0	13,0	9,0	49,0
(\$/km) Unit cost	25,64	28,47	44,94	44,91	12,67	25,64	130,99
(M\$) Line cost	5.256	4.705	8.749	9.922	2.345	5.256	25.721
(M\$) Station cost	218	109	91	167	91	218	458
(M\$) Total cost	5.474	4.814	8.840	10.089	2.436	5.474	26.179
(Km/h) Commercial speed	277	612	919	590	313	277	2434
Travel time	0h44m	1h05m	2h17m	1h29m	0h35m	0h44m	3h17m
(Millions/year) Travellers	4,1	8,7	18,7	8,2	10,7	4,1	46,4
(Nb,p) TAV Trains	3(400)	3(400)	9(5*400+4*600)	6(2*400+4*600)	4(600)	3(400)	19(7*400+12*600)
(nb,p) VAL trains	3(400)	3(400)	9(5*400+4*600)	6(2*400+4*600)	1(600)	3(400)	16(7*400+9*600)
(Km,%) VAL Platform	134(65,36)	45(13,72%)	210(30,65%)	165(37,93%)	0,0	134(65,36)	286(29,33%)

Table 3b	CALIFORNIA						NEVADA		HSL
	Section XI	Section XII	Section XI y XII	Section NE I	Section NE II	Section NE I y NE II	TAHOE Line		
	Sacramento-SB CA/NE	Riverside-SBCA/NE	Connection with Nevada	SB CA/NE-Reno-Carson	Las Vegas	Connection with California			
(MI/Km) Total Length	81/130	168/270	249/400	46,5/75	36/58	82,5/133	127,5/205		
(Km)Tunnels total length	28,5	129,5	158	31,5	6,5	38,0	60,0		
Number TSAP/PAETs	3	5	6	1	0	1	4		
Number Tunnels	3	8	11	2	1	3	5		
Number Long tunnels	2	7	9	2	1	3	4		
(Km)Length Long tunnels	12,5-12,5	16-11,5-16-30-21,5-23-10,5	12,5-12,5-16-11,5-16-30-21,5-23-10,5	16-15,5	6,5	16-15,5-6,5	16-15,5-12,5-12,5		
Construction works	27	43	70	6	6	12	33		
Hwy cross	3	7	10	1	2	3	4		
Multilane cross	2	7	9	2		2	4		
Other roads cross	7	17	24		2	2	7		
Railway cross	9	3	12		1	1	9		
River bridges	6	9	15	3	1	4	9		
(\$/km) Unit cost	18,80	19,67	15,73	37,50	14,80	27,60	25,64		
(M\$) Line cost	2444	3846	6290	2812	859	3671	5256		
(M\$) Station cost			0	218	109	327	218		
(M\$) Total cost	2444	3846	6290	3030	968	3998	5474		
(Km/h) Commercial speed	278	306	297	276	306	289	277		
Travel time	0h28m	0h53m	1h21m	0h16m	0h12m	0h28m	0h44m		
(Millions/year) Travellers	4,12	4,36	8,28	4,12	4,36	8,48	4,12		
(Nb,p) TAV Trains	3(400)	3(400)	6(400)	3(400)	3(400)	6(400)	3(400)		
(nb,p) VAL trains	3(400)	3(400)	6(400)	3(400)	3(400)	6(400)	3(400)		
(Km,%) VAL Platform	68Km(52,30%)	45Km(16,66%)	113Km(28,25%)	56Km(74,66%)		56Km(42,11%)	134(65,36)		



**Figura 13a.** HSL SACRAMENTO-RENO-CARSON CITY (USHSRs NORTH CONNECTION CALIFORNIA-NEVADA)



**Figura 13b.** HSL SACRAMENTO-RENO-CARSON CITY (USHSRs NORTH CONNECTION CALIFORNIA-NEVADA)

### 3.3 Línea U.S.H.S.R. Reno-Salt Lake City

(Descripción tomada del Proyecto Nevut)

#### Conexión redes HSR de los estados de Nevada y Utah

##### Solución propuesta: “GREAT BASIN LINE”

La conexión de las redes de alta velocidad ferroviaria de los Estados de Nevada y Utah se realiza con la “Great Basin Line”, cuyo proyecto parte de la Estación HSR de la ciudad de Reno en Nevada, comunicando esta ciudad (y la capital del Estado de Nevada, Carson City, a través del Ramal Reno-Carson de 45 Km, ya descrito en la “Tahoe Line”) con la capital del Estado de Utah, Salt Lake City. A la estación de Salt Lake City llegará en su día la línea que partiendo de Boise, comunicará los estados de Idaho y Utah.

La Great Basin Line, con una longitud de 680 Km (423 miles), se desarrolla a través del Great Basin, con 500 Km en Nevada y 180 Km en Utah (Figuras 14 y 15).

Se proyectan siete PAETs/TSAPs, seis en Nevada, situados aproximadamente en pk 90 (**Fallon**), pk 165 (**Dixie Valley**), pk 240 (**Antelope Valley**), pk 340 (**Eureka**), pk 440 (**Currie**) y pk 500 (**Bonneville Station/TSAP**), y uno en Utah, pk 620 (**Timpie**), además de los situados en la HSR Station de **Reno** y en la Terminal HSR de **Salt Lake City**.

El anteproyecto de esta línea se diseña con cinco túneles, tres de ellos “*short tunnels*” en Utah y dos “*long tunnels*” de 35Km cada uno, en Nevada, y doce grandes viaductos, cinco múltiples de tramo recto de 100m de luz sobre lagos y amplios cursos de agua a lo largo de la línea en el Estado de Nevada y siete puentes colgantes de tres vanos (400-800-400) alineados con anclaje común entre cada dos en el Puente Colgante múltiple “*HSR Great Salt Lake Suspension Bridge*” de 11.200m de longitud, en el Estado de Utah, a la entrada de la ciudad de **Salt Lake City**, así diseñado para atravesar la parte Sur del Great Salt Lake ante la posibilidad de licuefacción de los sedimentos modernos de este lago por sismos relacionados con las principales fallas de la Wasatch Range.

Este puente, similar a los del cruce de la Bahía de San Francisco, constituiría junto con ellos una especie de **pórticos** del primer tramo “*Pacific Side*” **San Francisco-Salt Lake City** del *Trayecto Intercostas San Francisco-Washington*.

A continuación (Tabla 4) se presenta desglosada por Estados y por Capítulos, la valoración estimada de esta línea, incluida anteriormente de forma global en la parte descriptiva y de planteamiento del Proyecto Intercostas Way I (Tabla 1).



Figura 14. USHSR "GREAT BASIN LINE" "RENO-SALT LAKE CITY" (GBL) Planta

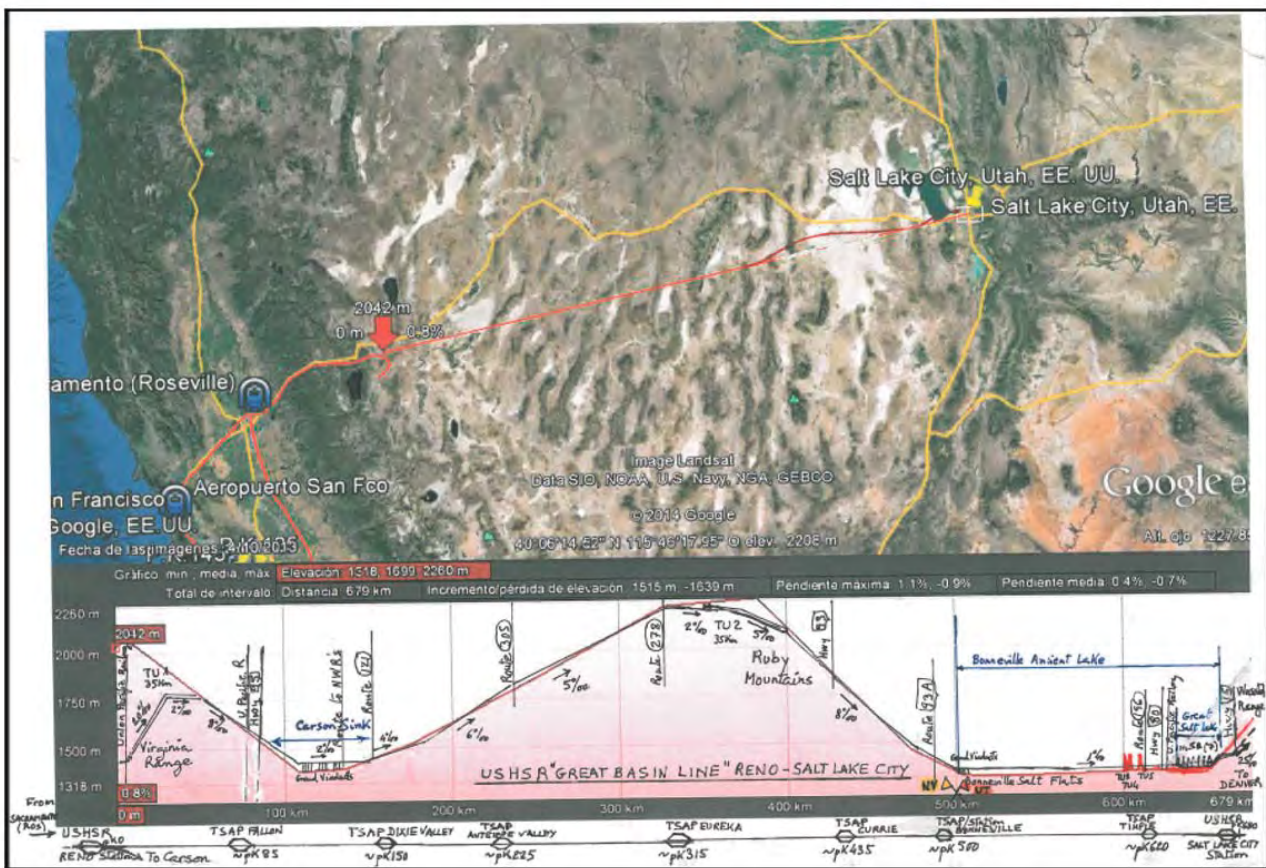


Figura 15. USHSR "GREAT BASIN LINE" "RENO-SALT LAKE CITY" (GBL) Perfil

### Línea Reno-Salt Lake City

**Tabla 4** - Valoración para conocimiento de la Administración (PEM en M\$)

Capítulos\Estados	NEVADA	UTAH	Línea "GBL"
<b>A-Infraestructura</b>	6.280	3.125	9.405
M de Tierras	3.765	1.307	5.078
Túneles	2.422	127	2.549
Estructuras	93	1.691	1.784
<b>B-Superestructura</b>	1.105	380	1.485
<b>C-Instalaciones</b>	1.449	522	1.971
D-Prot.Medioamb.	241	86	227
<b>E-Design/Q.C./Manag.</b>	167	60	327
<b>F-Estaciones</b>	117	154	271
<b>TOTAL</b>	<b>9.359</b>	<b>4.327</b>	<b>13.686</b>
	68,38%	31,62%	100%

### Referencias

- 1- Fort, L (2004) "Safety in High Speed Railway Tunnels" ISBN 84-89456-23-2, 2 nd Edition (Presented in Praga) Cersa. Madrid. Spain
- 2- Laorden, L (2009) "Caminantes y Caminos en la frontera del Oeste norteamericano español, 1529-1821" Conferencia en el Colegio de ICCP. Valladolid, Spain
- 3- Fort, L & Fort, C (2011) "Earth Moving Geoenvironmental workability in California" Geocongress 2012 Oakland, California, USA
- 4- Fort, L & Fort, C (2011) "Soil reinforcement vegetation effect. Analysis applied to the earth moving volume of the California High Speed Railway System" International Symposium on Ground Improvement IS-GI 2012 Brussels, Belgium
- 5- Tadaki, Kawada (2011) "History of the modern Suspension Bridges" ASCE press Ed. By Richard Scott, Reston, Virginia USA
- 6- Diaz del Rio, M; Fort, L & Fort, C (2012-2014) "High Speed Railway in California (USA)" Revista Ingeniería Civil 167/2012-169/2013-170/2013-172/2013-173/2014 CEDEX Ministerio de Fomento Madrid, Spain
- 7- Fort, C (2014) "Caracterización de los parámetros de resistencia al corte y erosionabilidad del suelo para su aplicación en los problemas de estabilidad de taludes en obras lineales" Tesis doctoral ETSICCP (UPM) Madrid, Spain
- 8- Fort, L & Fort, C (2014) "Proyecto CANEVAR" (Conexión de las Redes HSR de los Estados de California, Nevada y Arizona. (Ref. 149458 Colegio I.C.C.P) Madrid, Spain
- 9- Fort, L & Fort, C (2015) "Proyecto NEVUT" (Conexión de las Redes HSR de los Estados de Nevada y Utah. (Colegio I.C.C.P) Madrid, Spain.