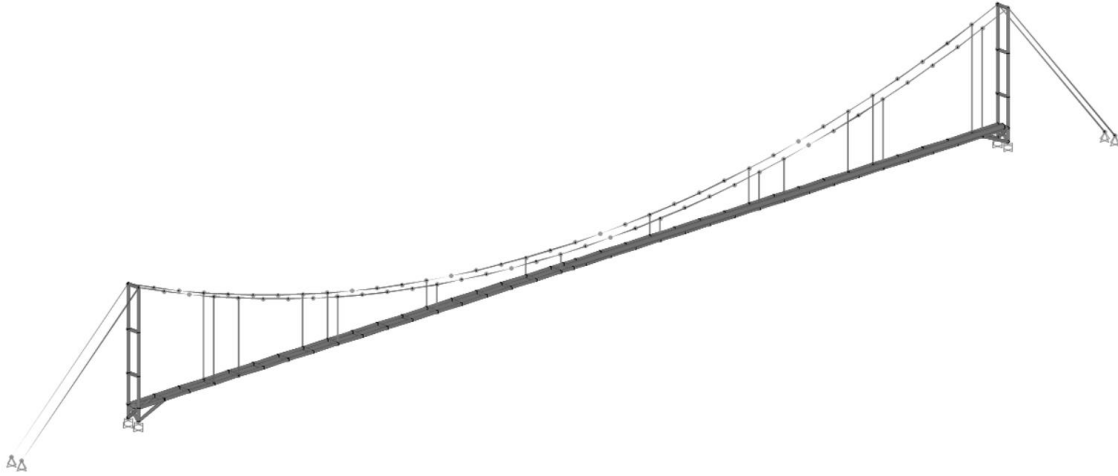


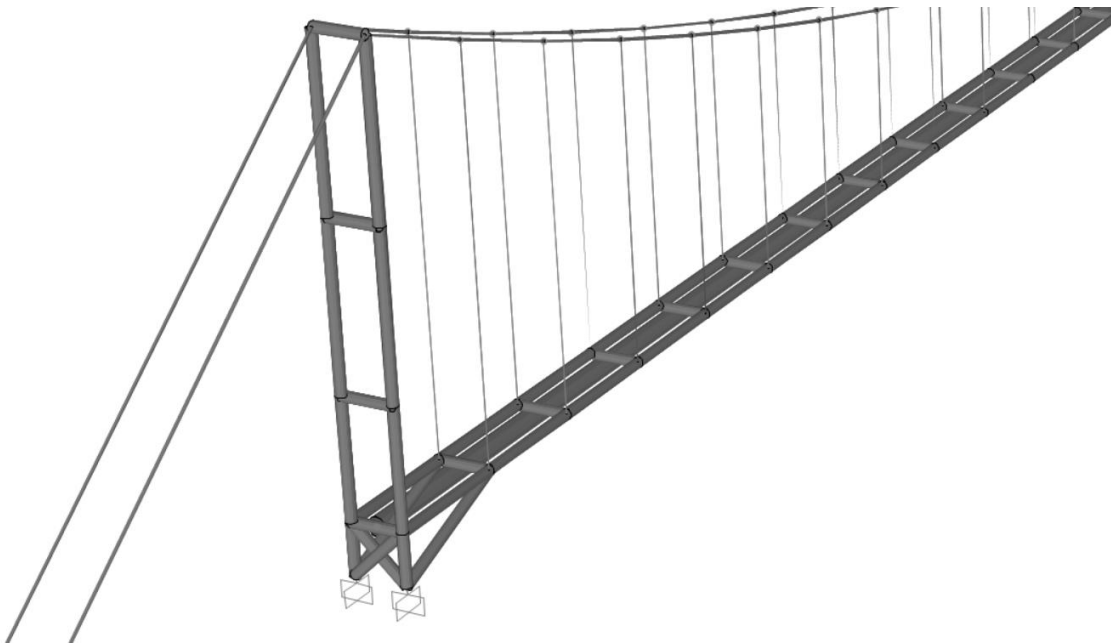
MODELAMO NUMERICO SAP 2000

GEOMETRÍA Y SECCIONES

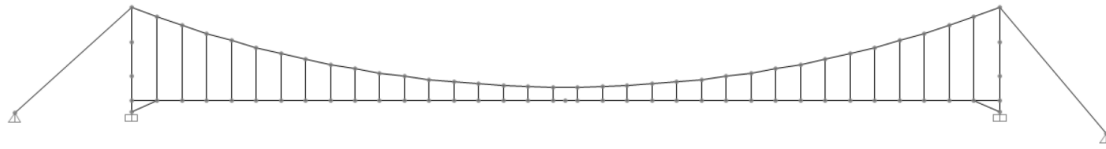
Para analizar el paso elevado de la tubería se idealizó un modelo espacial con frames. Se modelaron los elementos metálicos y de concreto como elementos frames, siguiendo la geometría planteada en planos.



Modelo 3D Paso Elevado (frames)



Semifrontal elementos modelados con frames.



Perfil Paso Elevado colgante (Frames)

Tabla 1. Propiedades de las secciones. Parte 1.

| SectionName | Material | Shape | t3 | tw | Area | TorsConst |
|----------------|----------|--------|---------|----------|----------|-----------|
| Text | Text | Text | m | m | m2 | m4 |
| CABLE 1-3/4" | CABLE | Circle | 0.04445 | | 0.001552 | 3.833E-07 |
| PENDOLON 3/4" | A36 | Circle | 0.0191 | | 0.000287 | 1.307E-08 |
| TUBO 16" | A992Fy50 | Pipe | 0.4064 | 0.01 | 0.012453 | 0.00049 |
| TUBO 8" SCH 40 | A36 | Pipe | 0.2191 | 0.008179 | 0.00542 | 0.00006 |

Tabla 2. Propiedades de las secciones. Parte 2.

| SectionName | I33 | I22 | I23 | AS2 | AS3 |
|----------------|-----------|-----------|-----|----------|----------|
| Text | m4 | m4 | m4 | m2 | m2 |
| CABLE 1-3/4" | 1.916E-07 | 1.916E-07 | 0 | 0.001397 | 0.001397 |
| PENDOLON 3/4" | 6.533E-09 | 6.533E-09 | 0 | 0.000258 | 0.000258 |
| TUBO 16" | 0.000245 | 0.000245 | 0 | 0.006229 | 0.006229 |
| TUBO 8" SCH 40 | 0.00003 | 0.00003 | 0 | 0.002713 | 0.002713 |

Tabla 3. Propiedades de las secciones. Parte 3.

| SectionName | S33 | S22 | Z33 | Z22 | R33 | R22 |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|
| Text | m3 | m3 | m3 | m3 | m | m |
| CABLE 1-3/4" | 0.000008622 | 0.000008622 | 0.000015 | 0.000015 | 0.011113 | 0.011113 |
| PENDOLON 3/4" | 6.841E-07 | 6.841E-07 | 0.000001161 | 0.000001161 | 0.004775 | 0.004775 |
| TUBO 16" | 0.001205 | 0.001205 | 0.001572 | 0.001572 | 0.140193 | 0.140193 |
| TUBO 8" SCH 40 | 0.000276 | 0.000276 | 0.000364 | 0.000364 | 0.074628 | 0.074628 |

MATERIALES

Los siguientes fueron los materiales utilizados en el modelamiento del paso elevado de la tubería:

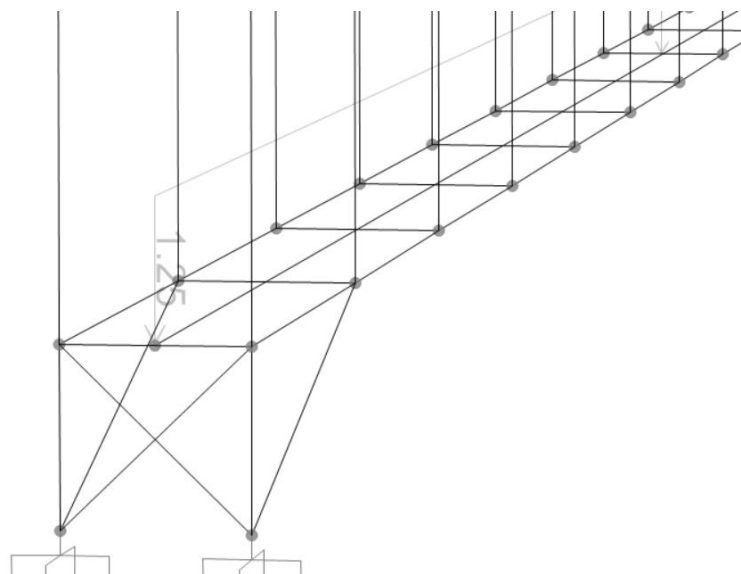
Tabla 4. Propiedades de los Materiales. Aceros.

| Material | Fy | Fu | EffFy | EffFu | SSCurve Opt | SSHys Type | SHard | SMax | SRup | Final Slope |
|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|------------|----------|----------|----------|-------------|
| Text | Kgf/cm2 | Kgf/cm2 | Kgf/cm2 | Kgf/cm2 | Text | Text | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless |
| A36 | 2531.05 | 4077.8 | 3796.58 | 4485.58 | Simple | Kinematic | 0.02 | 0.14 | 0.2 | -0.1 |
| CABLE | 11244.44 | 15461.11 | 16866.67 | 17007.22 | Simple | Kinematic | 0.02 | 0.14 | 0.2 | -0.1 |

EVALUACIÓN DE CARGAS

Cargas Muertas.

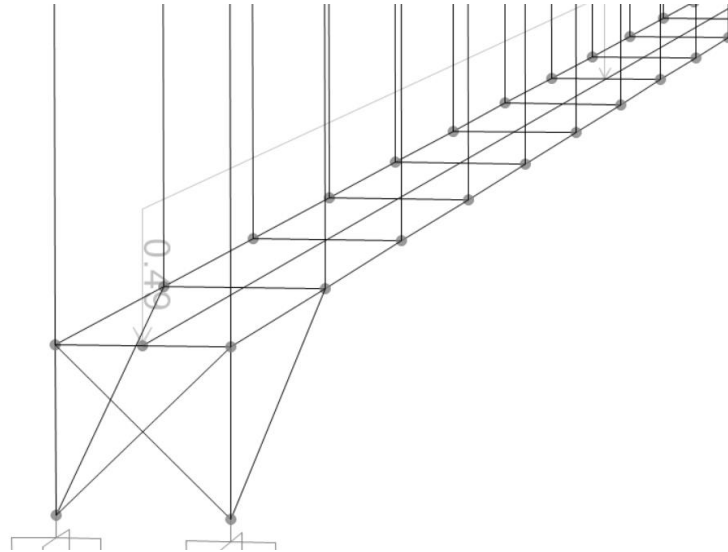
Los valores de cargas muertas (peso tubería llena con líquido), se asignaron en sus respectivas posiciones como cargas distribuidas. El peso de los demás elementos, es calculado directamente por el programa de análisis estructural.



Cargas muertas (peso tubería llena con líquido) (1.25 KN/m)

Cargas Vivas.

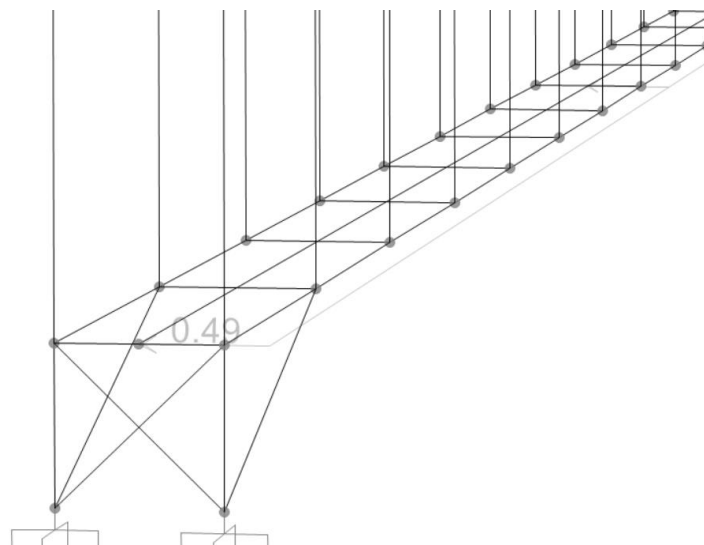
La carga viva se asumió de 0.49 KN/m, suponiendo que se harán visitas de mantenimiento y verificación de la tubería.



Carga viva de mantenimiento (0.49 KN/m)

Cargas de Viento.

La carga de viento se calculó por metro lineal multiplicando la presión indicada en el código de puentes (1.2 KN/m²) por la altura proyectada de la tubería.



Carga viento (0.49 KN/m)

ANÁLISIS

Para el modelamiento del paso a desnivel de la tubería, se tuvo en cuenta un análisis no lineal, para las cargas muertas y para las cargas vivas; esto con el fin de garantizar el mejor desempeño del cable (esfuerzos y deformaciones) bajo este tipo de solicitaciones.

Tabla 5. Parámetros no lineales.

| Case | Unloading | GeoNon Lin | Results Save | MinNum State | MaxNum State | Max Total | Max Null | Max IterCS | MaxIter NR | UseEv Step |
|------------|---------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|
| Text | Text | Text | Text | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Yes/No |
| CMT | Unload Entire | Large Displ | Multiple States | 10 | 100 | 200 | 50 | 10 | 40 | Yes |
| CARGA VIVA | Unload Entire | Large Displ | Multiple States | 10 | 100 | 200 | 50 | 10 | 40 | Yes |

Las demás cargas se tomaron como cargas estáticas, a excepción del sismo que se analizó como un espectro de respuesta.

Tabla 6. Definición Casos de Carga.

| Case | Type | Initial Cond | Modal Case | Base Case | DesType Opt | Design Type | Auto Type | Run Case |
|------------|-------------|--------------|------------|-----------|-------------|-------------|-----------|----------|
| Text | Text | Text | Text | Text | Text | Text | Text | Yes/No |
| MODAL | LinModal | Zero | | | Prog Det | OTHER | None | Yes |
| CMT | NonStatic | Zero | | | Prog Det | DEAD | None | Yes |
| CARGA VIVA | NonStatic | Zero | | | Prog Det | LIVE | None | Yes |
| VIENTO | LinStatic | Zero | | | Prog Det | WIND | None | Yes |
| SISMO X | LinRespSpec | | MODAL | | Prog Det | QUAKE | None | Yes |
| SISMO Y | LinRespSpec | | MODAL | | Prog Det | QUAKE | None | Yes |

El sismo se modeló con el espectro dado en el informe de Geotecnia.

Tabla 7. Espectros de Respuesta. Asignación de Cargas.

| Case | LoadType | LoadName | CoordSys | Function | Angle | TransAccSF |
|---------|--------------|----------|----------|----------|---------|------------|
| Text | Text | Text | Text | Text | Degrees | m/sec2 |
| SISMO X | Acceleration | U1 | GLOBAL | ESP | 0 | 9.81 |
| SISMO X | Acceleration | U2 | GLOBAL | ESP | 0 | 2.943 |
| SISMO Y | Acceleration | U2 | GLOBAL | ESP | 0 | 9.81 |
| SISMO Y | Acceleration | U1 | GLOBAL | ESP | 0 | 2.943 |

Las combinaciones de carga empleadas para el análisis estructural, son las estipuladas en el CCP-14.

Tabla 8. Combinaciones de Carga. Definición.

| ComboName | ComboType | AutoDesign | CaseType | CaseName | ScaleFactor | SteelDesign |
|-------------|------------|------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| Text | Text | Yes/No | Text | Text | Unitless | Text |
| RESIST I | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1.5 | Strength |
| RESIST I | | | NonLin Static | CARGA VIVA | 1.75 | |
| RESIST III+ | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1.5 | Strength |
| RESIST III+ | | | Linear Static | VIENTO | 1.4 | |
| RESIST III- | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1.5 | Strength |
| RESIST III- | | | Linear Static | VIENTO | -1.4 | |
| E EXT I X+ | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1.5 | Strength |
| E EXT I X+ | | | NonLin Static | CARGA VIVA | 1 | |
| E EXT I X+ | | | Response Spectrum | SISMO X | 0.33 | |
| E EXT I X- | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1.5 | Strength |
| E EXT I X- | | | NonLin Static | CARGA VIVA | 1 | |
| E EXT I X- | | | Response Spectrum | SISMO X | -0.33 | |
| E EXT I Y+ | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1.5 | Strength |
| E EXT I Y+ | | | NonLin Static | CARGA VIVA | 1 | |
| E EXT I Y+ | | | Response Spectrum | SISMO Y | 0.33 | |
| E EXT I Y- | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1.5 | Strength |
| E EXT I Y- | | | NonLin Static | CARGA VIVA | 1 | |
| E EXT I Y- | | | Response Spectrum | SISMO Y | -0.33 | |
| SERV I+ | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1 | None |
| SERV I+ | | | NonLin Static | CARGA VIVA | 1 | |
| SERV I+ | | | Linear Static | VIENTO | 0.3 | |
| SERV I- | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1 | None |
| SERV I- | | | NonLin Static | CARGA VIVA | 1 | |
| SERV I- | | | Linear Static | VIENTO | -0.3 | |
| SERV VI+ | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1 | None |
| SERV VI+ | | | Linear Static | VIENTO | 0.7 | |
| SERV VI- | Linear Add | No | NonLin Static | CMT | 1 | None |
| SERV VI- | | | Linear Static | VIENTO | -0.7 | |
| ENV RESIST | Envelope | No | Response Combo | RESIST I | 1 | None |
| ENV RESIST | | | Response Combo | RESIST III- | 1 | |
| ENV RESIST | | | Response Combo | RESIST III+ | 1 | |
| ENV RESIST | | | Response Combo | E EXT I X- | 1 | |
| ENV RESIST | | | Response Combo | E EXT I X+ | 1 | |
| ENV RESIST | | | Response Combo | E EXT I Y- | 1 | |

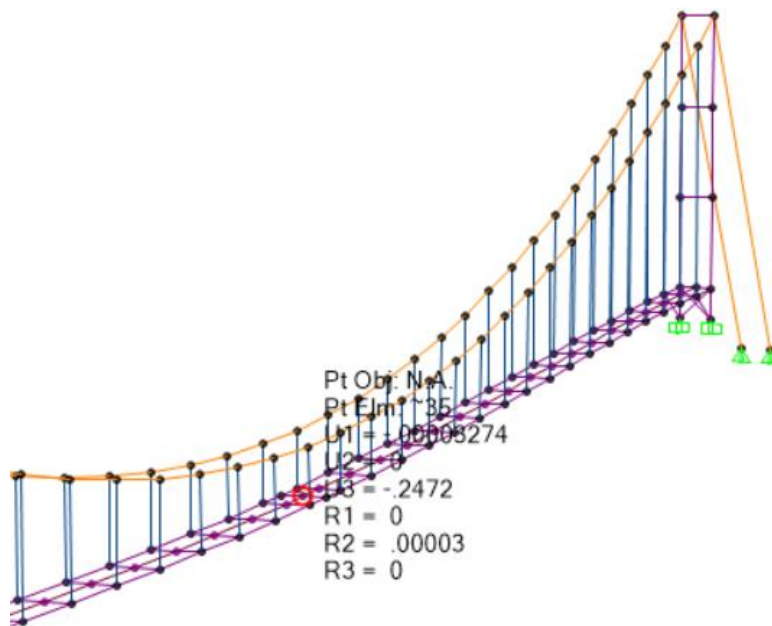
| | | | | | | |
|------------|----------|----|----------------|------------|---|------|
| ENV RESIST | | | Response Combo | E EXT I Y+ | 1 | |
| ENV SERV | Envelope | No | Response Combo | SERV I- | 1 | None |
| ENV SERV | | | Response Combo | SERV I+ | 1 | |
| ENV SERV | | | Response Combo | SERV VI- | 1 | |
| ENV SERV | | | Response Combo | SERV VI+ | 1 | |

Con los datos obtenidos en el análisis se procedió a realizar el diseño de los elementos del paso a desnivel de la tubería, que se encuentran como anexos en el presente informe.

ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN

Las siguientes son las deformaciones resultantes de la modelación del puente colgante:

Carga Muerta (0.2472 m)



Viento (0.194 m Horizontal)

