TESIS
IC998
A74
V.1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

BUSQUEDA DE PARAMETROS ADIMENSIONALES PARA PREDECIR LOS EFECTOS DE ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES EN PORTICOS

REALIZADO POR **ALCINA, Omar**

PROFESOR GUIA **Ing. Mario Paparoni**

FECHA **23 de Octubre de 1998**

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

BUSQUEDA DE PARAMETROS ADIMENSIONALES PARA PREDECIR LOS EFECTOS DE ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES EN PORTICOS

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: DIECINUEVE (19)

JURADO EXAMINADOR

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: MARIO PAPARONI	Nombre: FRANCISCO MORENO	Nombre: RAUL [illegible]

REALIZADO POR	**ALCINA, Omar**
PROFESOR GUIA	**Ing. Mario Paparoni**
FECHA	**23 de Octubre de 1998**

Agradecimiento:

A Dios…

A mis Padres por ser ejemplo de trabajo, constancia, tenacidad, honestidad, amor y tantas cosas más que no sé expresar…

A mis hermanas por darme siempre apoyo y ser mi mayor inspiración…

A mi Tía y mi Abuela por el amor que profesan a los que estamos a su lado…

Al Profesor Mario Paparoni por ser siempre un apoyo sólido y sereno en las vicisitudes de estos últimos meses…

A mis amigos por estar siempre cuando los he necesitado…

A todas las personas que de alguna u otra forma hicieron más llevadero la realización de este reto en mi vida, especialmente a Jesús Fuenmayor, María Gabriela La Cruz, Tatiana Mendoza, Aleem Khan y tantos otros que no necesitan ser nombrados para sentir mi profundo agradecimiento…

Indice General:

	Pagina
Agradecimiento	1
Indice General	2
Sinopsis	3
Objetivo	4
Antecedentes	5
Alcance y Limitaciones	7
Marco Teórico	8
Definición del Modelo	14
Definición de la Variables	15
Casos de estudio	17
Metodología	19
Análisis de Resultados	21
Conclusiones	25
Recomendaciones	27
Bibliografía	29

Sinopsis:

Con el presente trabajo especial de grado, se buscó profundizar en el complejo funcionamiento de los pórticos planos, cuando se someten a fenómenos externos, capaces de generar graves daños a la estructura y afectar su funcionamiento.

Entre los fenómenos externos que pueden afectar el comportamiento de un pórtico, los asentamientos diferenciales juegan un papel muy importante, ya que son capaces de generar enormes fuerzas para las cuales el pórtico no esta diseñado, siendo estas fuerzas predecibles. Es frecuente tropezar con estructuras que han sufrido las consecuencias de un asentamiento diferencial, y vemos como los inconvenientes ocasionados repercuten muchas veces en fuertes gastos económicos. Ahora bien si se comprende mejor la forma en que se comporta el pórtico ante este fenómeno, se podrían tomar medidas preventivas en vez de correctivas para enfrentarlo.

Cuando se observa el fenómeno del asentamiento diferencial, intuitivamente el primer planteamiento se orienta ha buscar generalizar la respuesta de los pórticos, surgiendo una interrogante: ¿Existirá algún patrón general que rija este comportamiento en el pórtico?.

La existencia de leyes de propagación y atenuación que rigen el comportamiento de estructuras muy sencillas, lleva a pensar si es posible generalizar estos comportamientos para casos reales o más complejos.

Objetivo:

Este trabajo se orientó principalmente a interpretar las leyes que rigen el comportamiento del pórtico, mediante un proceso de generalización del patrón de respuesta o comportamiento, siguiendo etapas sucesivas:

- Entender por medio de ensayo y error el comportamiento del pórtico sometido a un asentamiento diferencial, observando como se redistribuyen las fuerzas en sus elementos.
- Se debe ubicar las áreas críticas o más afectadas del pórtico.
- Se debe probar la contribución estructural de las vigas de riostra en el caso de asentamientos diferenciales.
- Se debe buscar si existe similitud entre el comportamiento del pórtico con las leyes de propagación ya conocidas.
- Intentar definir las leyes de propagación que caractericen el fenómeno, así como los parámetros adimensionales que estén involucrados.

Antecedentes:

Los asentamientos diferenciales en las estructuras, son un fenómeno que ha contado con poco estudio, a pesar de la frecuencia con que ocurren y lo severo de sus consecuencias. Sin embargo existen investigaciones como la realizada por Miguel Angel Bonato Parenti, "Desarrollo de la ecuación del método del continuo para el caso de asentamientos estructurales", que ha servido de base y primer impulso para éste trabajo.

En el trabajo especial de grado de Miguel Angel Bonato se encontró la demostración, entre otras cosas, de cómo el comportamiento de un modelo estructural muy sencillo sigue leyes exponenciales de distribución y atenuación, cuando se le aplica una fuerza puntual para simular los efectos generados por un asentamiento diferencial. Caracterizando los pórticos mediante un parámetro adimensional (λ), indicador de rigidez o factor de acoplamiento de una determinada configuración que varía con las dimensiones de las vigas y las columnas.

La expresión del parámetro λ viene dada por:

$$S = \sqrt{\frac{AcEc}{\eta} \sum \frac{hv^3}{IvEv}} \qquad \lambda = \frac{H}{S} = \sqrt{\frac{\eta H^2}{AcEc} \sum \frac{IvEv}{hv^3}}$$

Donde:

Ac: Sección transversal de la columna (un área).

Ec: Módulo de Elasticidad del material de la columna (una tensión).

H: Altura total del pórtico.

h: Entrepiso (una longitud).

v: Vano (luz) de la viga (una longitud).

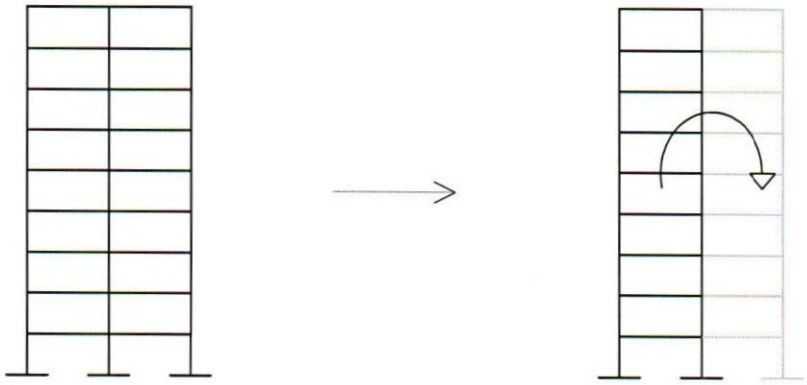
Iv: Momento de Inercia de una viga (una longitud ^4).

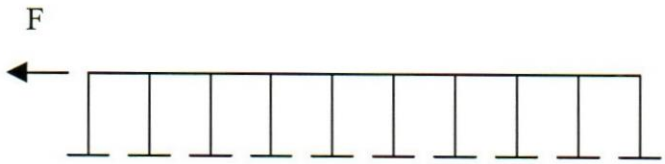
Ev: Módulo de Elasticidad del material de la viga (una tensión).

h: Indicador del grado de empotramiento de las vigas $3 < h < 6$.

S: Conjunto de todas las vigas que convergen a la columna.

El modelo de Bonato consistió en un pórtico de tres patas (dos vanos), con el número de pisos variable, de los que se tomó solo la mitad simétrica, girándolo 90° y transformándolo en un pórtico de un solo piso con muchos vanos, articulado en las uniones de las vigas con la columna. Simula el asentamiento diferencial como una fuerza puntual en uno de los extremos del pórtico, lo que equivaldría al tiro de un pilote que pierde sustentación.





Alcance y Limitaciones:

Al estudiar el fenómeno de los asentamientos diferenciales en conjunto a la complejidad de los pórticos planos, se entiende que las observaciones deben principalmente orientarse a comprender el funcionamiento de los mismos. En este proceso se consiguieron algunas limitaciones, entre las que se tienen:

- El programa de análisis de elementos finitos (SAP2000) fue utilizado en su versión educacional, lo que implica una limitación en el número de nodos (30 máximo), por ende tenemos pórticos de nueve (9) pisos y dos vanos.
- La geometría escogida para los elementos del pórtico, no refleja cambios sustanciales en los valores de (λ).Al recordar la fórmula de (λ), la altura total del pórtico es una constante, también se consiguió que la geometría de las vigas y columnas no se encuentran en un rango muy amplio.

Marco teórico:

Asentamientos:

Todo suelo que soporta una carga experimenta un asentamiento, cuya magnitud se considera directamente proporcional a la carga aplicada y a la compresibilidad del suelo. Por lo general, los asentamientos han siempre sido motivo de preocupación para los profesionales de la construcción, ya que obras de gran envergadura e incalculable valor histórico, han sufrido deterioro y ruina por su causa.

Las magnitudes de los asentamientos que pueden sufrir las fundaciones deben ser calculadas con la mayor exactitud posible para la mayoría de las obras de ingeniería, incluyendo edificios, puentes, presas, muros de contención, etc. pues en el caso de asentamientos considerables se afecta no sólo la apariencia de la obra, sino que pueden ocurrir daños estructurales que originen la pérdida parcial o total de funcionalidad o el colapso de sus elementos resistentes. Entre las causas que originan los asentamientos se pueden mencionar:

- Consolidación por peso propio
- Desecación natural o por procesos industriales
- Reacciones químicas
- Deterioro orgánico, natural o debido a agentes exteriores
- Inundaciones o fluctuaciones del nivel freático
- Hundimientos debidos a bombeo de agua, gas o petróleo en el lugar
- Sismos, explosiones o vibraciones
- Excavaciones próximas de túneles y obras subterráneas
- Movimientos tectónicos
- Erosión del subsuelo o colapso de cavidades profundas

Generalmente los asentamientos que se producen en forma paulatina comienzan a afectar los muros de mampostería, los cielorrasos o enlucidos, con aparición lenta de fisuras y desprendimiento de revoques. Además, la pérdida de funcionalidad se hace evidente en diferentes formas, tales como rieles de ascensores que se traban, tuberías que se obstruyen y filtran, puertas y ventanas que no abren por deformación de sus marcos, etc. Por último, en casos severos de asentamientos de gran magnitud, se suele producir el derrumbe de la construcción. Algunos conceptos generales se pueden precisar en referencia a los asentamientos producidos por cargas exteriores:

a) Los materiales granulares como la grava y la arena gruesa y mediana, alcanzan generalmente su máximo asentamiento bajo las cargas tan pronto como éstas son aplicadas, y mantienen ese asentamiento sin que el mismo se incremente en un largo período de tiempo. Además, el descenso total producido es de limitada magnitud.

b) Los limos y la arena fina alcanzan generalmente la mayor parte de su asentamiento al aplicar las cargas, si bien se pueden producir nuevos hundimientos a lo largo de prolongados períodos de tiempo debido a la disminución del contenido de agua del suelo. Cuando el suelo puede desplazarse lateralmente, la saturación siempre acelera el movimiento y se producen importantes descensos, similares a los de las arenas movedizas, con desastrosas consecuencias.

c) Las arcillas sufren parte de su asentamiento cuando se aplican las cargas, pero siendo plásticas, continúan consolidándose lentamente y en forma decreciente por largos períodos de tiempo, a medida que expulsan el agua de sus poros.

d) El lodo o los suelos orgánicos resultan desastrosos como suelos de fundación, y aún pequeñas diferencias en las presiones producidas por las cargas exteriores dan lugar a grandes asentamientos.

e) Las cargas temporales, tales como el viento, las cargas vivas de personas o de tránsito automotor de corta duración, no ofrecen por lo general efectos acumulativos de importancia. No así el acopio de materiales durante semanas o meses, los cuales pueden producir asentamientos cuya magnitud debe ser tomada en cuenta en el análisis

Los asentamientos que se producen por cargas exteriores se deben a las siguientes causas:

1) **Asentamiento inicial o inmediato:** debido al cambio de las tensiones de corte en la masa del suelo. Esta deformación se puede compara a la deformación por flexión simple de una viga, y ocurre rápidamente, para el volumen inalterado de suelo. El área cargada desciende, mientras que la superficie del suelo alrededor se levanta, equilibrando el volumen reducido por el hundimiento.

2) **Compresión inicial o inmediata:** debido a la rápida reducción del volumen de vacíos en los suelos insaturados. Este efecto se produce por esfuerzos de compresión y está acompañado de un rápido incremento de los esfuerzos efectivos en el suelo. Cuando la saturación es parcial, a medida que progresa la compresión, el grado de saturación aumenta y cuando alcanza el 90%, la presión se transmite al agua de los poros. Esta presión crea una compresión adicional que aumenta las tensiones efectivas. Cuando la compresión se produce lentamente, se conoce por consolidación.

3) **Compresión o Consolidación Primaria:** debido a la gradual reducción del volumen de vacíos bajo esfuerzos efectivos variables. Este efecto es un lento cambio debido a las tensiones de compresión bajo la influencia de la presión de los poros, al reducir su volumen. A medida que la consolidación progresa, la presión del agua en los poros se disipa. La consolidación primaria comienza apenas finaliza la compresión inicial y finaliza cuando la presión del agua en los poros prácticamente desaparece.

4) **Compresión o Consolidación Secundaria:** debido a la reducción gradual de volumen del suelo bajo el efecto de una presión efectiva

constante. Esta fase comienza cuando la presión en los poros desaparece y se mantiene así en forma ininterrumpida. Se debe a la deformación lenta de los vértices de las partículas de arcilla en contacto, que soportan las tensiones cortantes producidos por las cargas aplicadas. Sin embargo, las arenas y otros suelos granulares no se ven afectados por esta consolidación secundaria.

5) **Repteo :** debido al continuo ajuste de las tensiones de corte que varían en el tiempo, por efecto de tensiones efectivas constantes. El repteo se toma en cuenta suponiendo que el volumen de la masa analizada permanece constante, y no se lo asocia con la densificación del suelo. Se supone que comienza apenas finalizado el asentamiento inicial y en las arcillas continúa por siempre, o hasta que adquieren suficiente resistencia, por consolidación, para resistir adicionales tensiones. El repteo siempre va relacionado con deformaciones plásticas de las partículas sólidas de los suelos cohesivos, mientras que los suelos granulares no experimentan repteo.

En general, de estas cinco causas de asentamientos enumeradas, las cuatro primeras pueden ser evaluadas independientemente y luego sumados sus resultados parciales. El repteo, sin embargo, es más difícil de predecir, especialmente en comportamientos a largo plazo de taludes o presas de arcillas blandas. Sin embargo, en la mayoría de los problemas de precarga, el repteo no tiene importancia debido a la corta duración de la sobrecarga aplicada.

Los asentamientos iniciales o inmediatos ocurren apenas cargado el suelo, y en un plazo no mayor de 7 días.

Son los asentamientos típicos de los suelos no cohesivos y de los estratos con alto grado de permeabilidad, que permiten un rápido drenaje del agua contenida en los poros del suelo. Por el contrario, las consolidaciones primaria y secundaria ocurren principalmente en las arcillas saturadas o con alto porcentaje de humedad, y generalmente continúan durante muchos años.

Con referencia a la forma como se producen los asentamientos, se pueden mencionar dos tipos diferentes:

Asentamientos Uniformes y

Asentamientos No Uniformes.

Los asentamientos uniformes se producen bajo fuerzas igualmente distribuidas, en suelos homogéneos. Este tipo de asentamiento no es el más común ni resulta factor decisivo en el diseño de una estructura. Puede presentarse en algunos suelos blandos de estratos profundos, como los sedimentos lacustres y marinos.

En el valle de México, por ejemplo, en la hoya que caracteriza el suelo esponjoso sobre el antiguo lado de Ciudad de México, algunos edificios apoyados sobre grandes placas se han hundido uniformemente, y se deben ir agregando nuevos escalones a la entrada de los mismos, por la diferencia de nivel que se produce de forma lenta y continua. Este efecto reviste de especial importancia en el diseño de tuberías, las cuales deben tener conexiones flexibles que eviten su deterioro. En otras estructuras este hundimiento puede provocar indeseables consecuencias, como por ejemplo en tanques o cisternas subterráneas cercanas a la costa, los cuales quedan por debajo del nivel del mar por el descenso producido.

Más problemática para la estabilidad de una construcción resulta el caso de los asentamientos no uniformes que ocasionan movimientos relativos entre las partes de un edificio.

Estos asentamientos pueden producir:

- Rotación del edificio como cuerpo rígido
- Deformaciones locales por descensos diferenciales

Los asentamientos no uniformes de los suelos compresibles se deben a diferentes causas, entre las cuales se pueden mencionar:

- Tensiones no uniformes aplicadas sobre el suelo
- Capacidad resistente variable del terreno
- Alturas discontinuas de los estratos del subsuelo

El descenso diferencial entre dos puntos de apoyo de una estructura resistente, al ceder el suelo de fundación, puede producir solicitaciones de mayor magnitud que las debidas a la totalidad de las cargas gravitacionales que actúan durante la vida útil de la construcción. Otro parámetro de importancia es la distorsión angular Ø = Delta / Long, que resulta el cociente del descenso diferencial entre dos puntos de una estructura y la distancia entre ellos.

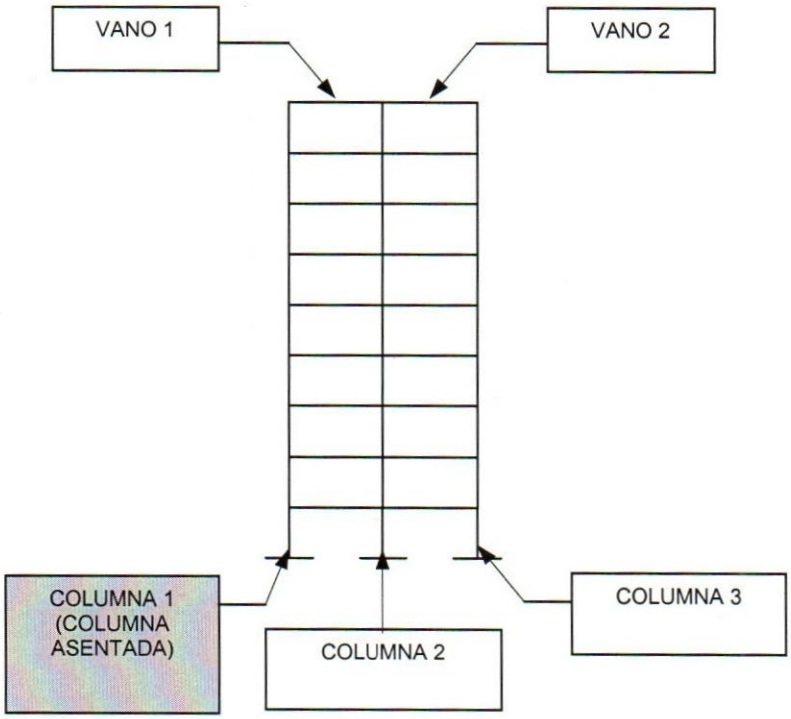
La magnitud de los asentamientos totales que un edificio puede soportar depende de muchos factores, entre los cuales está el tipo de construcción, sus dimensiones, su destino según su uso, la presencia de paredes de mampostería, el material estructural empleado, etc. La ductilidad de la estructura resistente también juega un importante papel en la magnitud de los asentamientos máximos permisibles, ya que si por ejemplo es de acero, soporta mejor los movimientos relativos que otra similar de concreto armado. Por otra parte, las estructuras isostáticamente vinculadas, tales como los arcos triarticulados, las vigas simplemente apoyadas o las vigas de Gerber no sufren casi los efectos de los descensos diferenciales, mientras que los pórticos hiperestáticos son muy sensibles a ellos.

El uso también debe tenerse en cuenta, ya que por ejemplo un galpón para almacenar materiales, no exige tomar tantas precauciones para evitar los asentamientos diferenciales, como un lujoso edificio de vivienda, donde se pueden afectar seriamente las instalaciones y cerramientos, y fisurarse los enlucidos.

Si la construcción alberga aparatos de alta precisión o delicado funcionamiento, tales como reactores nucleares, radares, sismógrafos, telescopios, etc., o si se trata de obras de arquitectura de gran valor artístico, se exige que la magnitud de los asentamientos sea mínima. ("Suelos, Fundaciones y Muros", Dra. María. G. Fratelli, número de ISBN: 980-07-1626-2)

Definición del modelo:

Para definir las características generales del pórtico se partió necesariamente de la limitación en él número de nodos. Finalmente se tomó un pórtico de tres patas o tres series de columnas y un máximo de nueve pisos.



Definición de las variables:

Uno de los inconvenientes que se presentó en el inicio de esta investigación, fue la definición de las variables y de las condiciones que se tomarían en cuenta para estudiar el fenómeno, decidiendo establecer lo siguiente:

- Se asignaron a todas las columnas de un mismo pórtico la misma sección (cuadrada).
- Se asignaron a todas las vigas de un mismo pórtico la misma sección (cuadrada).
- Se dejaron las luces y entrepisos constantes e iguales a seis y tres metros respectivamente.
- La columna asentada siempre es la externa.
- La estructura del suelo se simuló con resortes de constante de rigidez (k), ubicados en los arranques de las columnas. Las conexiones entre las columnas y el suelo son empotramientos deslizantes que solo permiten el desplazamiento vertical.
- El asentamiento diferencial se simuló debilitando el resorte de la columna externa, lo que trajo consigo los siguientes casos de estudio:

CASO 0: El pórtico está sometido únicamente a cargas verticales, las bases se encuentran perfectamente empotradas. Este caso se tomó como base de comparación o condición inicial.

CASO 1: Se somete el pórtico a un asentamiento diferencial ocasionado al debilitar la constante de rigidez de una de sus bases, cuyo valor desciende a 5/6 k.

CASO 2: Se somete el pórtico a un asentamiento diferencial ocasionado al debilitar la constante de rigidez de una de sus bases, cuyo valor desciende a 2/3 k.

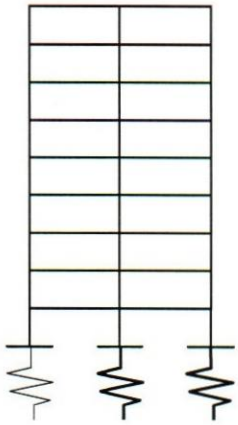
CASO 3: Se somete el pórtico a un asentamiento diferencial ocasionado al debilitar la constante de rigidez de una de sus bases, cuyo valor desciende a ½ k.

- El módulo E es el del concreto.
- Las conexiones entre vigas y columnas son empotramientos perfectos.
- Las bases de las columnas son empotramientos deslizantes que permiten el desplazamiento vertical y están conectadas a un resorte de constante de rigidez variable.
- La presencia o no de riostra, así como la variación de su geometría y ubicación, generando los siguientes casos de estudio:

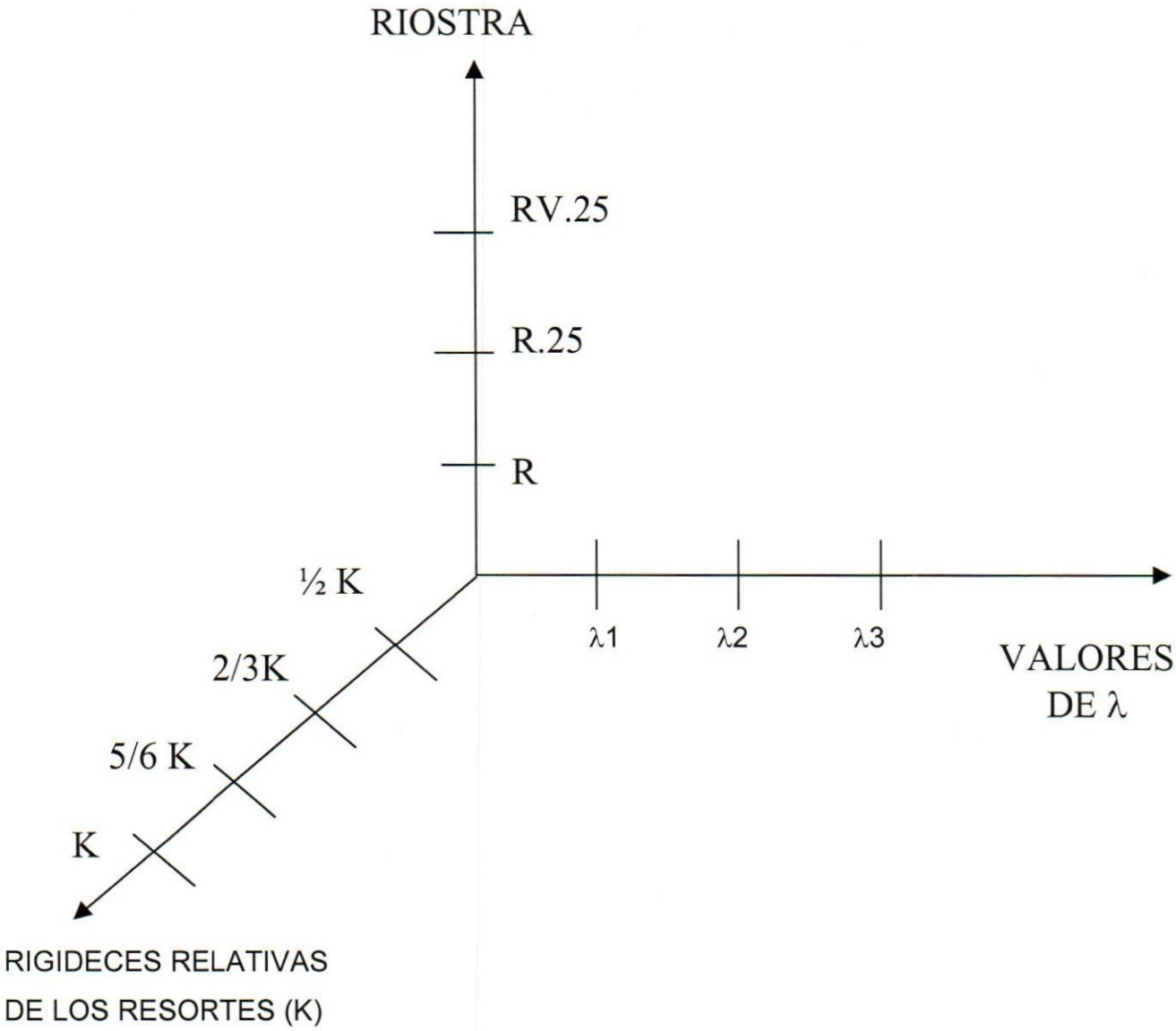
  R : Se coloca en los arranques de las columnas una viga de riostra de igual geometría que las vigas del pórtico.

  R.25 : Se coloca en los arranques de las columnas una viga de riostra con 1.25 veces la altura de las vigas del pórtico.

  RV.25 : Se coloca en los arranques de las columnas una viga de riostra con 1.25 veces la altura de las vigas del pórtico y se sustituye la viga del primer piso por un elemento rigidizador de igual geometría que la riostra.
- Se varió la rigidez general del pórtico cambiando las dimensiones de sus elementos.



Casos de estudio:



De todos los casos antes expuestos fue necesario realizar una selección, para dar limites a la muestra de estudio dentro del universo de combinaciones posibles. Surgiendo como casos de estudio los siguientes:

1. Pórticos con columnas y vigas iguales (50x50) sometidos a diferentes rigideces relativas (CASO 0, 1, 2, 3).
2. Pórticos con columnas (50x50) y vigas (120x120) sometidos a diferentes rigideces relativas (CASO 0, 1, 2, 3).
3. Pórticos con columnas (50x50) y vigas variables (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante (CASO 1).
4. Pórticos con columnas variables (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) y vigas (50x50) sometidos a una rigidez relativa constante (CASO 1).
5. Pórticos de vigas y columnas iguales (50x50), casos de riostra variable (R, R.25 Y RV.25) sometidos a una rigidez relativa constante (CASO 1).
6. Pórticos de columnas (50x50) y vigas (120x120) sometidos a diferentes rigideces relativas (CASO 0, 1, 2, 3), con riostras.

Metodología:

Para el desarrollo de los objetivos planteados, se realizaron ensayos que simularon el efecto del asentamiento diferencial a una muestra de pórticos planos. La configuración geométrica general de la muestra se compone de pórticos de nueve pisos y dos vanos, tomando como variables las dimensiones de sus elementos a fin de modificar la rigidez general del pórtico, la presencia o no de viga de riostra para comprobar su aporte estructural y la rigidez relativa entre los resortes de las bases para simular los asentamientos diferenciales. A los pórticos se les colocó una carga distribuida de 2500,00 Kg/m. en las vigas para representar de manera aproximada la contribución de la carga muerta más un poco de carga viva a la carga vertical que debe soportar.

El efecto de asentamiento fue simulado idealizando el suelo por medio de resortes de constante de rigidez arbitrariamente escogida e igual a 200.000 kgf-m, ubicados en los arranques de cada columna (empotramientos deslizantes libres al desplazamiento vertical). Para lograr el asentamiento se debilitó gradualmente uno de los resortes externos del pórtico dejando intactos los otros dos y así obtener los casos de rigideces relativas descritos anteriormente (CASO 0,1,2,3).

Estos pórticos se corrieron utilizando el programa para el análisis de elementos finitos SAP 2000, que proporcionó la distribución de las fuerzas en los elementos, obteniendo así los diagramas de fuerza axial, fuerza de corte, momento y desplazamientos de los nodos.

La información recogida de las corridas del programa se agrupo en gráficas, según los casos antes nombrados para analizar y entender como se distribuyen las fuerzas en la estructura del pórtico al simular el asentamiento diferencial.

Basando el análisis en un estudio comparativo adimensional, tomando porcentajes entre las condiciones iniciales del pórtico con empotramientos

perfectos y los efectos causados al simular el asentamiento, al debilitar gradualmente uno de los resortes externos, permitiendo así observar los ordenes de magnitud de las fuerzas inducidas al pórtico y los puntos críticos o de atención.

Para los desplazamientos relativos de las columnas se aplicó el mismo criterio de análisis adimensional, graficando los desplazamientos relativos de la columna 1 respecto a la columna 2 y de la columna 2 respecto a la columna 3, se tomó como 100% el desplazamiento del último nodo y el del resto de los pisos relativos a ese nodo. Al gráficar los porcentajes de asentamiento relativos se observó la tendencia a un ajuste de curva.

Al obtener los puntos críticos se corrieron los pórticos nuevamente pero se incluyó un nuevo elemento, la viga de riostra, que se verá más adelante cómo modifica significativamente los resultados. Esto se logró manteniendo las condiciones geométricas de la estructura, las características del suelo, y se colocó en los arranques de las columnas del pórtico una viga de riostra de igual geometría que el resto de las vigas (R), luego se probó una con 1.25 veces la altura de las otras vigas (R.25) y una de 1.25 veces la altura tanto en los arranques como en el primer piso del pórtico (RV.25). Al elaborar un nuevo análisis comparativo de esta situación se consiguió definir el aporte estructural en el pórtico de la viga de riostra y de los elementos rigidizadores.

Paso siguiente fue analizar con el SAP 2000 el modelo de Bonato (explicado anteriormente), y un modelo idéntico pero sin las uniones articuladas, por el contrario, perfectamente empotradas de manera de incluir las contribuciones de los momentos a la respuesta del pórtico modelo, y comprobar si las leyes de distribución y atenuación continúan siendo exponenciales o toman otra tendencia.

Finalmente mediante un proceso de observación se buscó la similitud de cada uno de los gráficos de fuerza axial, de corte o momento Vs altura (N° de pisos), con alguna ley que los identificara, bien sea exponencial, potencial, polinómico, lineal o una combinación de ambas.

Análisis de resultados:

Como fue descrito anteriormente, para la interpretación del comportamiento se graficaron los desplazamientos verticales, horizontales, relativos, las fuerzas de corte, axial y momento que existen en los elementos del pórtico contra la altura, para así visualizar de manera general como es la distribución de las fuerzas en el pórtico y su respuesta al someterlo al asentamiento diferencial. De manera general se observa que el problema se concentra en los primeros pisos y repercute significativamente en los últimos.

Se sometieron pórticos de geometría uniforme a distintas condiciones de suelo, recogiendo las siguientes observaciones:

- La distribución de los desplazamientos tiene una tendencia polinómica bien definida, observándose un ajuste de segundo orden para los desplazamientos absolutos, mientras que los desplazamientos relativos muestran tendencia a un ajuste polinómico de cuarto orden (ver anexo 1).
- La fuerza axial en las columnas sigue un comportamiento lineal, sufriendo una distorsión en los dos primeros pisos (ver anexo 2).
- La fuerza axial en las vigas amplia su magnitud en los dos primeros pisos y en los dos últimos, además cambia de signo en los dos primeros pisos del vano 1 lo que puede ocasionar la aparición de grietas de tracción a este nivel (ver anexo 3).
- La fuerza de corte en las columnas aumenta significativamente en los dos primeros y dos últimos pisos, especialmente la columna asentada (COL 1) y la columna central (COL 2), (ver anexo 4).
- La fuerza de corte en las vigas de los dos primeros pisos del vano 1 disminuye en el lado donde ocurre el asentamiento (izquierda) y aumenta en el lado contrario (derecha), en el vano 2 ocurre exactamente lo mismo que en vano 1, el corte disminuye del lado de la columna central (izquierda) y aumenta en el lado contrario (derecha), (ver anexo 5).

- En las columnas los momentos inferiores y superiores sufren un incremento excesivo en los dos primeros pisos, con bruscos cambios de signo (ver anexo 6).
- En las vigas los momentos son prácticamente simétricos para ambos lados de un mismo vano, reflejándose incrementos sustanciales en los primeros pisos y un incremento gradual en función de la altura para el resto de los elementos (ver anexo 7).

El paso siguiente en la muestra de pórticos fue variar la geometría manteniendo constantes las rigideces relativas del suelo, cabe mencionar que no se controló la magnitud del asentamiento, ni la distorsión angular en ninguno de los casos.

Área de columnas constante y vigas variables:

Recordando la formula de λ tenemos que, al aumentar el área de las vigas aumenta también el valor de λ y consecuentemente aumenta la rigidez o el acoplamiento del pórtico. El incremento de rigidez de las vigas contribuye a descargar las columnas y concentrar las fuerzas en las vigas, también se observó como la perturbación ocasionada por el asentamiento ya no solo se concentra en la parte inferior del pórtico sino que se distribuye a todo lo alto. Por ultimo se puede comparar este caso con la interacción de losas rígidas o livianas con el pórtico frente a un asentamiento diferencial (ver anexo 8).

Área de vigas constante y columnas variables:

En este caso aumentamos la rigidez de las columnas al aumentar el área de las mismas, simulando así una estructura extremadamente rígida (sistema de paredes estructurales). Se observa como la velocidad de atenuación disminuye reflejándose en una distribución de las fuerzas en toda la estructura, esto indica lo sensible de las estructuras rígidas a los asentamientos diferenciales (ver anexo 9).

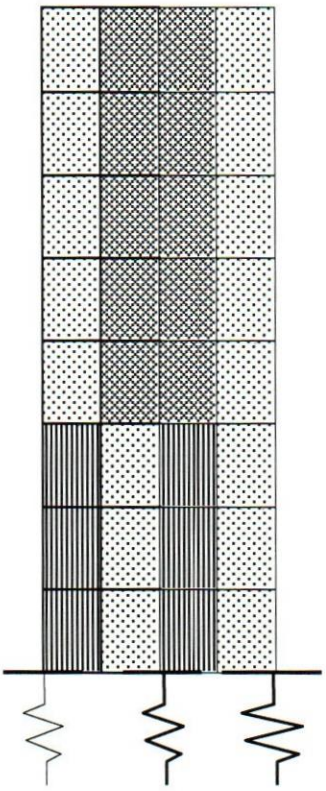
Finalmente se aprobó el aporte estructural de las vigas de riostra con los tres casos antes explicados (CASO R, R.25, RV.25), se observó que la presencia de la riostra mejora la respuesta del pórtico concentrando en ella la mayor

parte de los esfuerzos, esta respuesta es más marcada a medida que se aumenta la inercia de la viga, también se consiguió que no hace mayor diferencia el colocar la primera viga del pórtico igual a la riostra (CASO RV.25) lo que simula la existencia de un sótano o elementos rigidizadores entre la Planta Baja y el Primer Piso (ver anexo 10).

Al buscar la similitud del comportamiento del pórtico con las leyes de propagación ya existentes, se tomó el modelo de Bonato con articulaciones en las juntas y con las juntas empotradas, luego utilizando el SAP 2000 se llegó a ajustar con bastante exactitud los resultados del programa con las fórmulas de ajuste que contienen (λ). La distorsión existente se debe a que Bonato no toma en cuenta los efectos de la carga vertical propia del pórtico, logrando separar los efectos en cada caso, mientras que el SAP 2000 como todo programa sofisticado toma en cuenta todas las variables y los efectos que están involucrados a ellas, dificultando la interpretación de cada uno de ellos por separado. Esto lleva a pensar que en el modelo de Bonato el parámetro λ tiene cierta validez ante la presencia de momentos, si se quiere un ajuste más preciso se intuye la necesidad de incluir algún otro parámetro adimensional que se relacione directamente con los momentos.

Al realizar un análisis comparativo adimensional en porcentaje de las fuerzas en su estado inicial y los efectos que sufren al someter el pórtico a cambios en las rigideces relativas de los resortes encontramos las magnitudes de fuerzas inducidas a los elementos del pórtico, estas fuerzas inducidas se encuentran en puntos de la estructura perfectamente localizados que son más o menos críticos dependiendo del valor multiplicador de la fuerza inducida y de existir o no, inversión de signos en la fuerza. Para ilustrar esta situación se realizo un esquema comparativo de esta situación.

Fuerzas inducidas en el pórtico



Fuerza inducida con signo invertido (+ / -)

Fuerza inducida de igual signo (< 1)

Fuerza inducida de igual signo (> 1)

Conclusiones:

Luego de haber culminado con un proceso minucioso de observación, donde se procuró discernir cuales eran los efectos realmente importantes y las variables directamente involucradas en el fenómeno, se obtuvieron criterios generales para describir el comportamiento de una estructura sometida a asentamientos diferenciales, llevando a entender cada vez mejor el fenómeno y dejando bien claros los puntos de llegada de este trabajo para que sirvan de partida para sucesivos trabajos que encontraran en éste una guía que les orientara dentro de un fenómeno tan complejo. Si bien uno de los objetivos era encontrar los parámetros adimensionales que caracterizaran los efectos de un asentamiento diferencial en un pórtico, se consiguieron características del comportamiento tan importantes para la definición del fenómeno como los parámetros adimensionales en sí.

De todos los aspectos observados se puede extraer como los más importantes:

- Todos los efectos se concentran en los dos primeros y dos últimos pisos de la estructura. Como muestra de ello se tiene la posible aparición de grietas de tracción en las vigas de los primeros pisos y las enormes fuerzas a las que se ven sometidas las ultimas vigas del pórtico. Esto indica lo perjudicial que puede ser disminuir el armado de las vigas y la losa superior, por el contrario se debería reforzar doblemente estos elementos.
- La carga se traslada de la columna asentada (columna 1) a las otras dos columnas (columnas 2 y 3), siguiendo comportamientos muy complejos que dependen de la configuración del sistema.
- Es necesario observar los puntos donde las fuerzas sufren inversión de signos como críticos en la estructura. Si en estos puntos localizados el elemento fuera doble y fuertemente armados se conseguiría mitigar los efectos del asentamiento.

- La viga de riostra absorbe los efectos las fuerzas generadas por el asentamiento mejorando enormemente la respuesta del pórtico hasta un punto tal que todo el dinero que se invierta en ella es el seguro más económico para resguardarse de los efectos de un asentamiento diferencial. Si bien se ha observado lo complejo del fenómeno, la solución desde el punto de vista preventivo es una buena viga de riostra.
- No hay una relación lineal entre la pérdida de rigidez del suelo y el incremento de los efectos observados, pasando con gran facilidad de graduales a críticos.
- La magnitud del asentamiento no es la variable independiente capaz de escribir los efectos de una falla en el suelo como suele considerarse, pareciera que la rigidez relativa del suelo sí cumple con esas características.
- Los asentamientos absolutos de las bases de un pórtico sólo describen un estado del complejo sistema estructura-suelo de un pórtico real y no permite extrapolar linealmente resultados obtenidos.
- Para poder entender el fenómeno del asentamiento diferencial hay que tener una mentalidad sistémica donde se involucre tanto la estructura del pórtico como el suelo.
- La complejidad del fenómeno nos indica la necesidad de describirlo por medio de parámetros adimensionales.
- El uso de elementos rigidizadores además de la viga de riostra no induce una mejora sustancial al sistema.
- La interpretación de los resultados condujo a callejones sin salida, debido a que se analizaron esperando respuestas lineales siguiendo las estructuras tradicionales, cuando en realidad el pórtico en general no se comporta linealmente.
- No es válido como procedimiento de cálculo suponer desplazamientos en las bases de las columnas, ya que es demasiado simplista para lo complejo del sistema.

Recomendaciones:

El fruto más valioso que deja esta investigación, es el entendimiento de los aspectos generales que caracterizan el comportamiento del pórtico como sistema interactúa con la estructura del suelo. De estos principios básicos de comportamiento se recogen algunos puntos de atención que ayudaran a prevenir las fatales consecuencias de un asentamiento diferencial.

- Dar a la viga de riostra la importancia que merece, observando el papel que juega en la respuesta del pórtico. Luego no tiene sentido escatimar en gastos cuando se construye.
- Comprender lo complejo y profundo del problema, no basta confiar ciegamente en la capacidad de soporte del suelo ni en la magnitud de las cargas que transmite la estructura a sus fundaciones.
- Tener la óptica del comportamiento no lineal de la estructura ente el fenómeno, resultando que los daños pasan de ser graduales a críticos con mucha rapidez.
- Entender que los efectos no se distribuyen en toda la estructura del pórtico, por el contrario tienden a concentrarse.
- Cuidar con especial atención los armados de acero, tanto positivos como negativos en los primeros y últimos pisos, rechazando totalmente la tendencia de disminuir el armado de la ultima losa de techo, pensando que solo estará sometida a pequeñas cargas verticales.
- Si se busca un apartamento se debe preferir los pisos intermedios, pues serán estos los que sufrirán menos, en el caso de un asentamiento diferencial.
- Tener presente lo sensibles que son las estructuras rígidas a los asentamientos diferenciales.

Para las personas que deseen continuar profundizando sobre este interesante y complejo tema, del cual sólo se ha tocado una pequeña parte del amplio universo que abarca, se dejan algunos puntos de partida:

- Se debe probar de manera cuantitativa los aportes estructurales de la viga de riostra en pórticos largos, así como aumentar la rigidez de la última viga del pórtico.
- Procurar desde un principio la separación de los efectos que pueden influir en la respuesta (carga vertical, tipo de empotramiento, tipo de pórtico, desplazamiento de las bases y otros).
- Búsqueda de los otros parámetros adimensionales involucrados, como podrían ser las rigideces relativas del suelo, los momentos y otros.

Bibliografía:

1. Miguel Angel Bonato Parenti "Desarrollo de la ecuación del método del continuo para el caso de asentamientos estructurales". Caracas,1994.

TESIS
IC998
A74
V.2

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

BUSQUEDA DE PARAMETROS ADIMENSIONALES PARA PREDECIR LOS EFECTOS DE ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES EN PÓRTICOS

(ANEXOS)

REALIZADO POR **ALCINA, Omar**

PROFESOR GUIA **Ing. Mario Paparoni**

FECHA **23 de Octubre de 1998**

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

BUSQUEDA DE PARAMETROS ADIMENSIONALES PARA PREDECIR LOS EFECTOS DE ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES EN PÓRTICOS

(ANEXOS)

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: DIECINUEVE (19)

JURADO EXAMINADOR

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: MARIO PAPARONI	Nombre: FRANCISCO MORENO	Nombre: RAUL VARGAS

REALIZADO POR	**ALCINA, Omar**
PROFESOR GUIA	**Ing. Mario Paparoni**
FECHA	**23 de Octubre de 1998**

ANEXOS

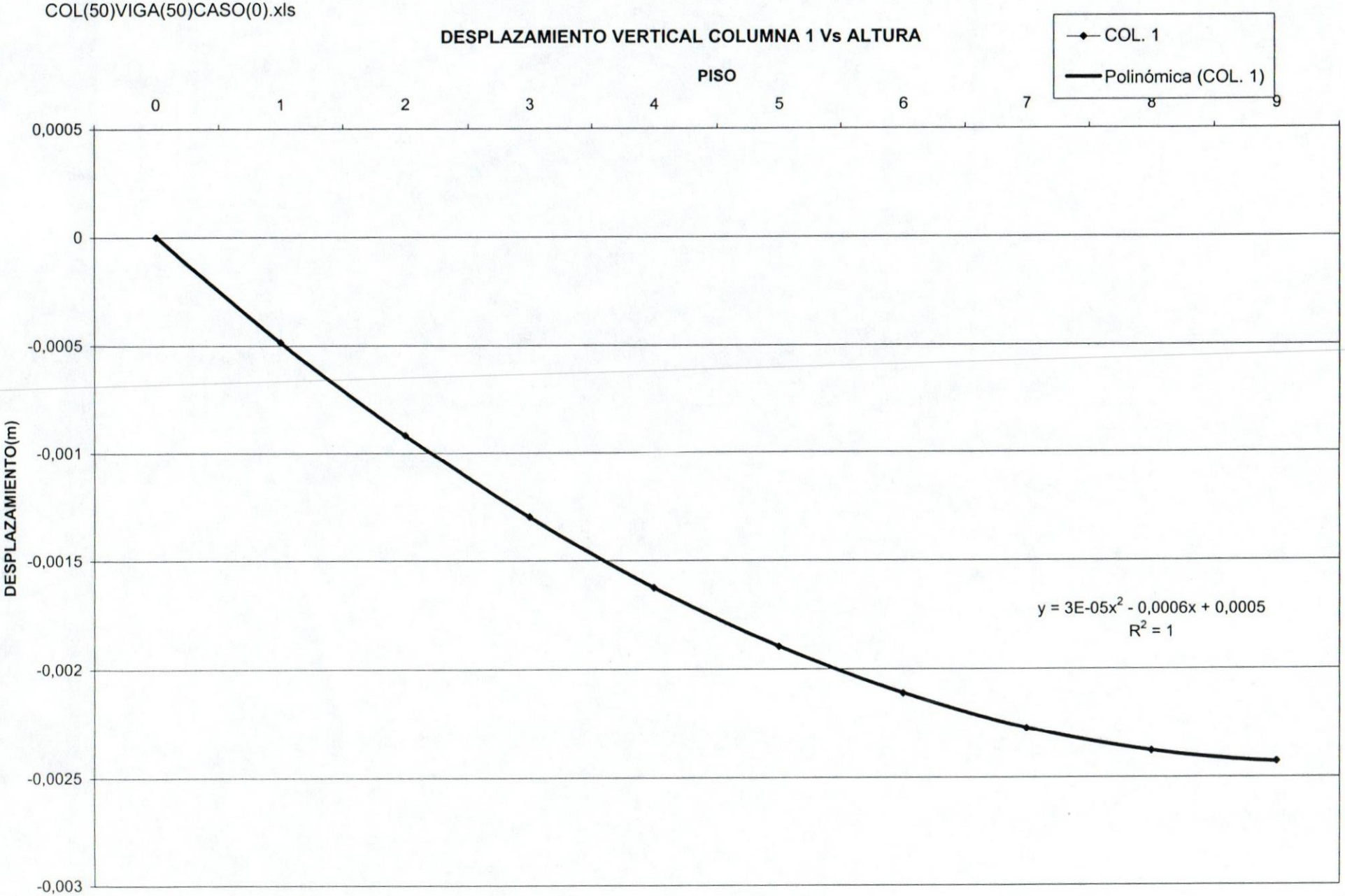
Contenido:

ANEXO 1:
Desplazamiento absolutos y relativos vs. altura en pórticos con columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).
ANEXO 2:
Fuerza Axial en columnas vs. altura en pórticos de columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).
ANEXO 3:
Fuerza Axial en vigas de los vanos 1 y 2 vs. altura en pórticos de columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).
ANEXO 4:
Fuerza de corte en las columnas vs. altura en pórticos de columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).
ANEXO 5:
Fuerza de corte en los extremos de las vigas de los vanos 1 y 2 vs. altura en pórticos con columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).
ANEXO 6:
Momento inferior y superior en columnas vs. altura en pórticos con columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).
ANEXO 7:
Momentos en los extremos de las vigas del vano 1 y 2 en pórticos con columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).
ANEXO 8:
Pórticos con columnas (50X50) y vigas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).
ANEXO 9:
Pórticos con vigas de (50X50) y columnas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).
ANEXO 10:
Aporte estructural de la riostra para los casos (R, R.25, RV.25), en pórticos con vigas de (50X50) y columnas de (50x50) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).
ANEXO 11:
Ajuste de la fuerza axial en columna del modelo de Bonato para el caso de juntas articuladas y empotradas.
Anexo 12:
Fuerzas de corte y momento inducidas en un pórtico de columnas y vigas igual a (50x50) sometidas a diferentes rigideces relativas caso (1, 2, 3).

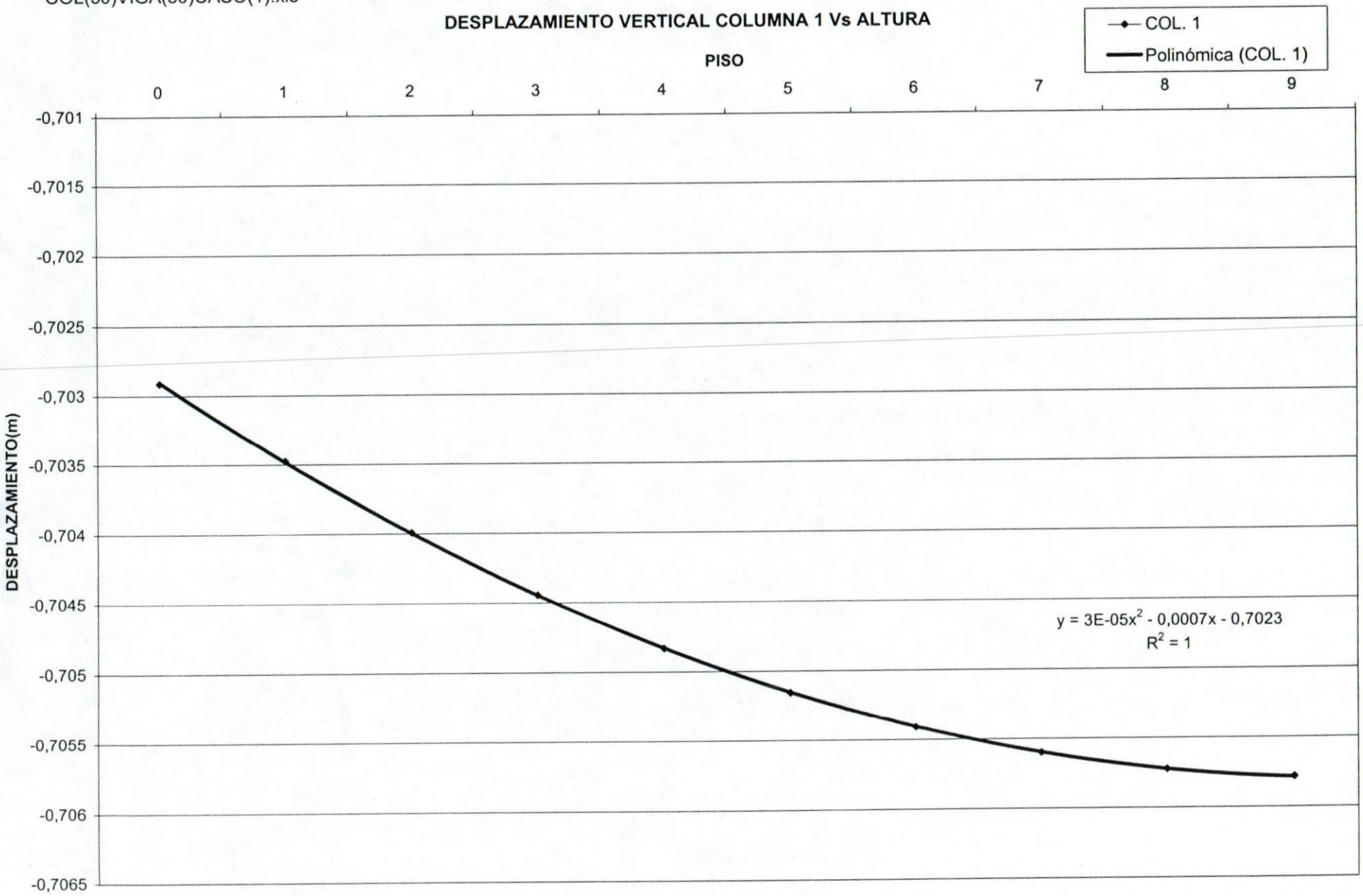
ANEXO 1

Desplazamiento absolutos y relativos vs. altura en pórticos con columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).

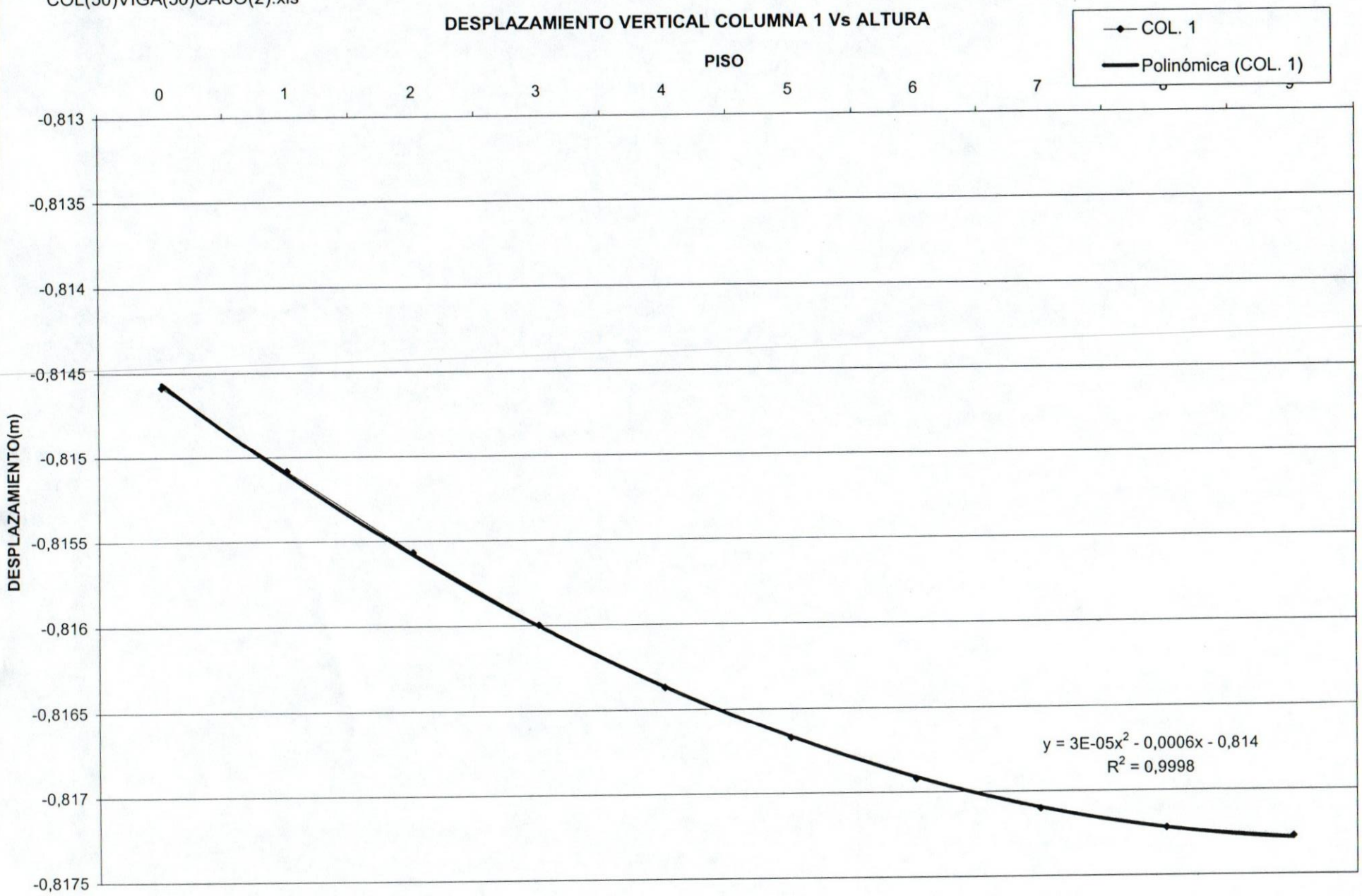
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



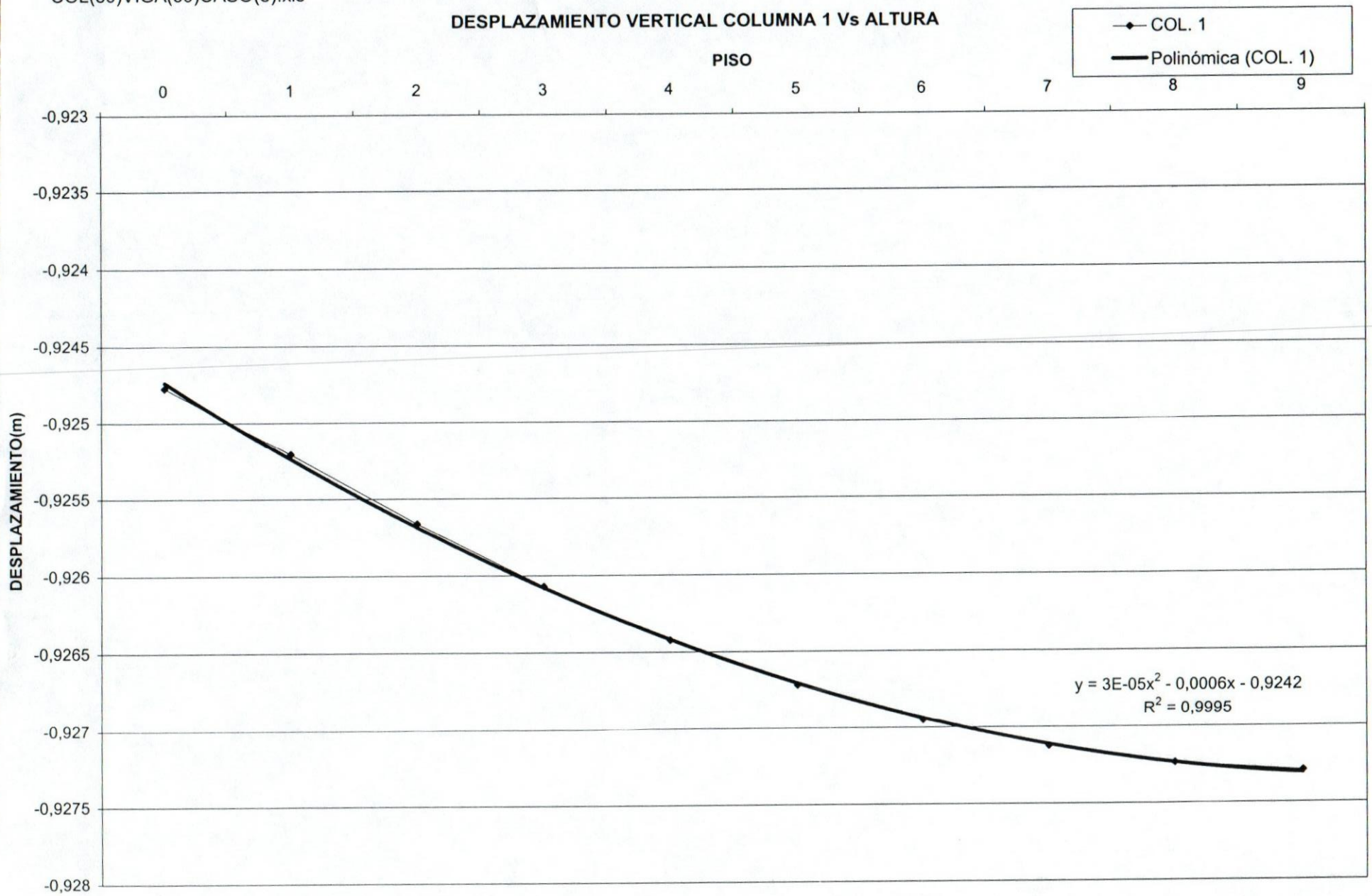
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



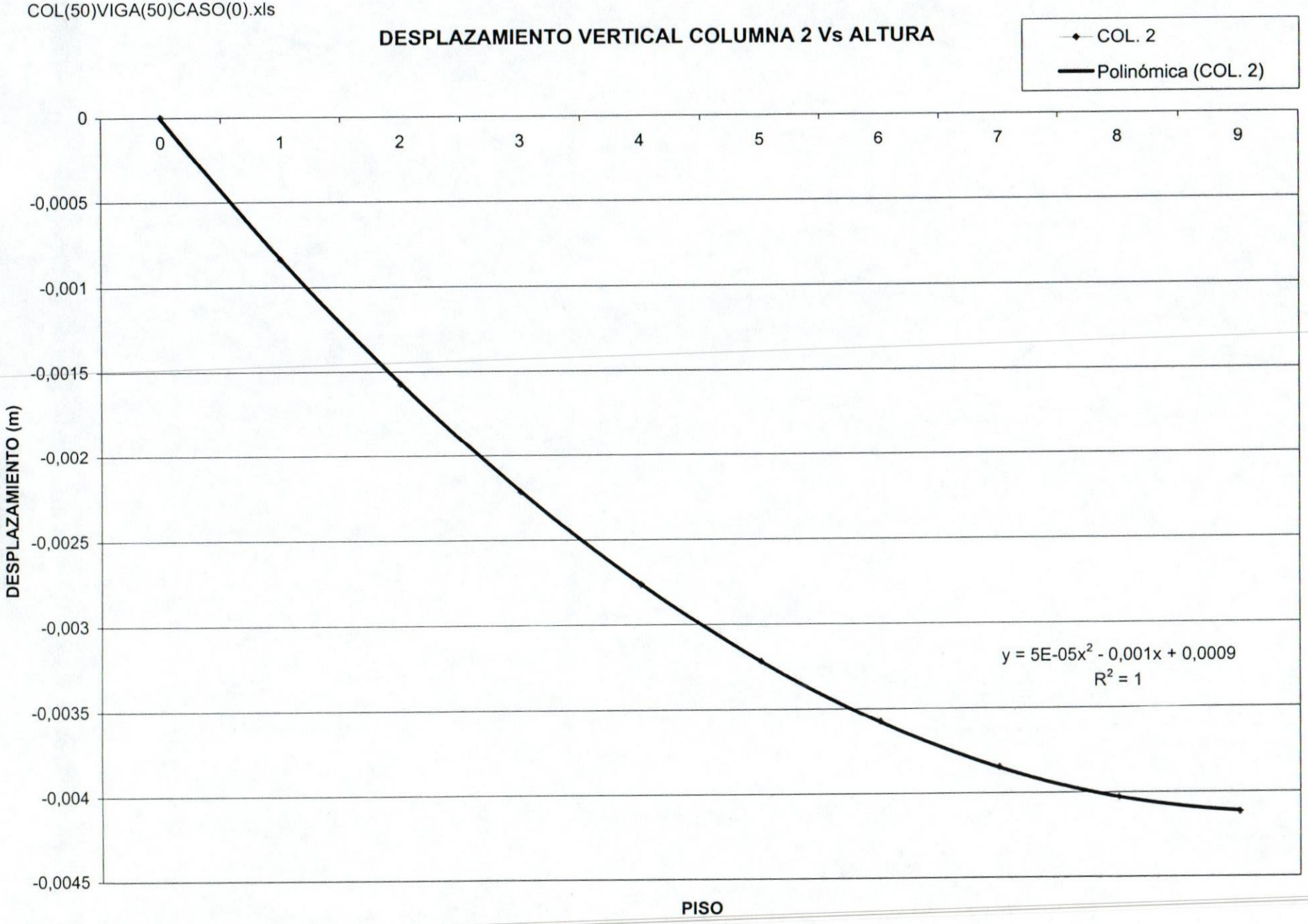
COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls



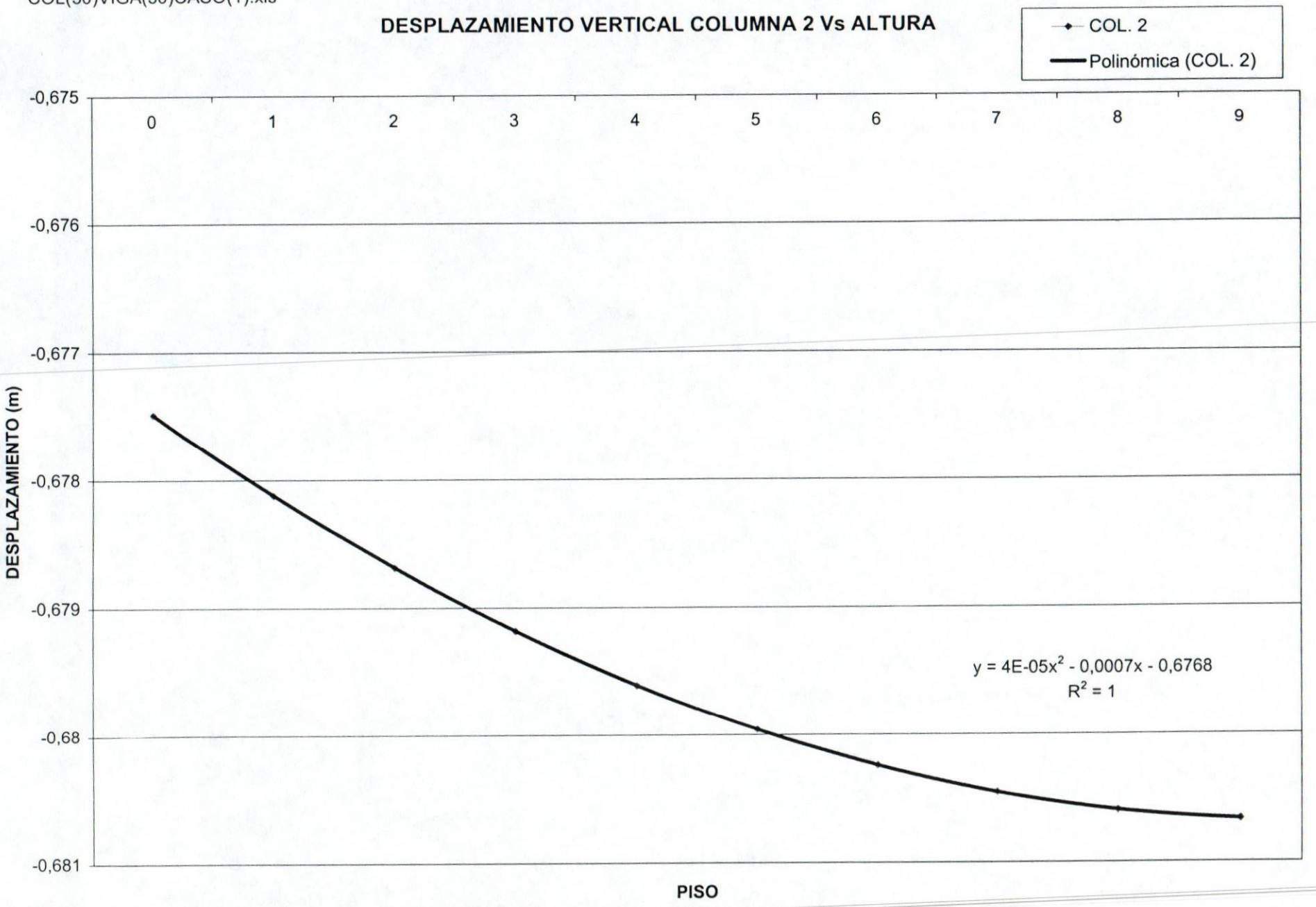
COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



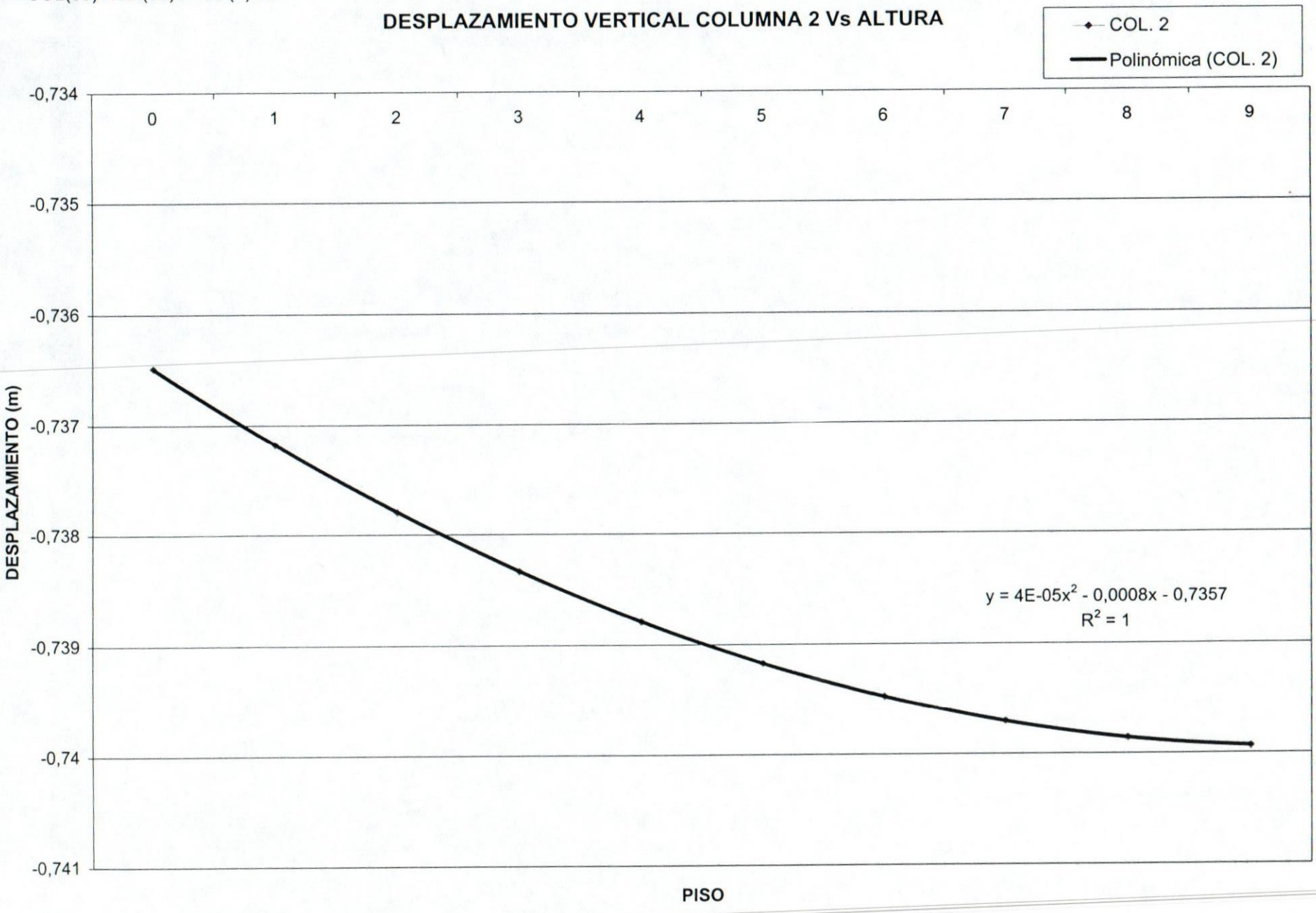
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



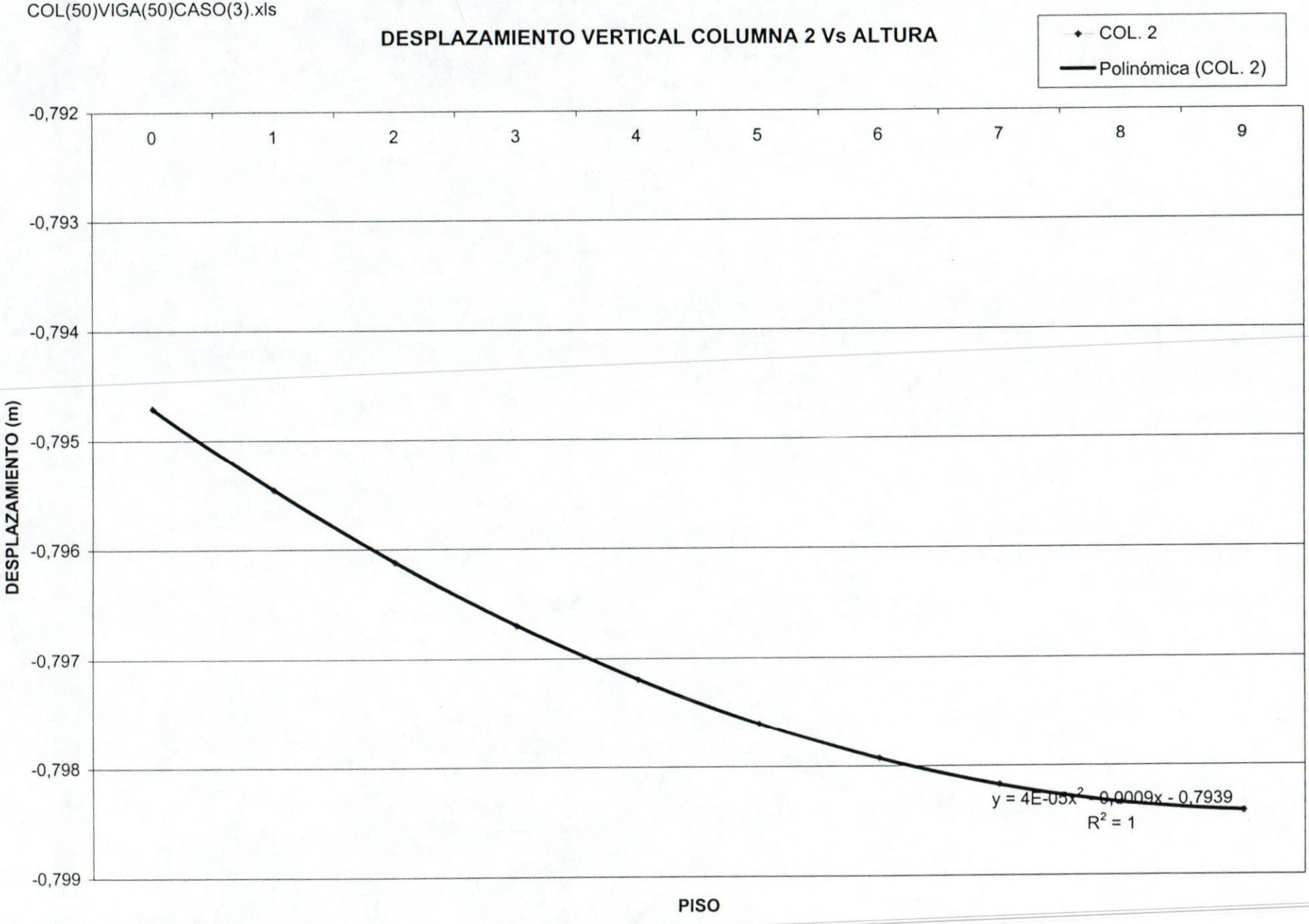
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



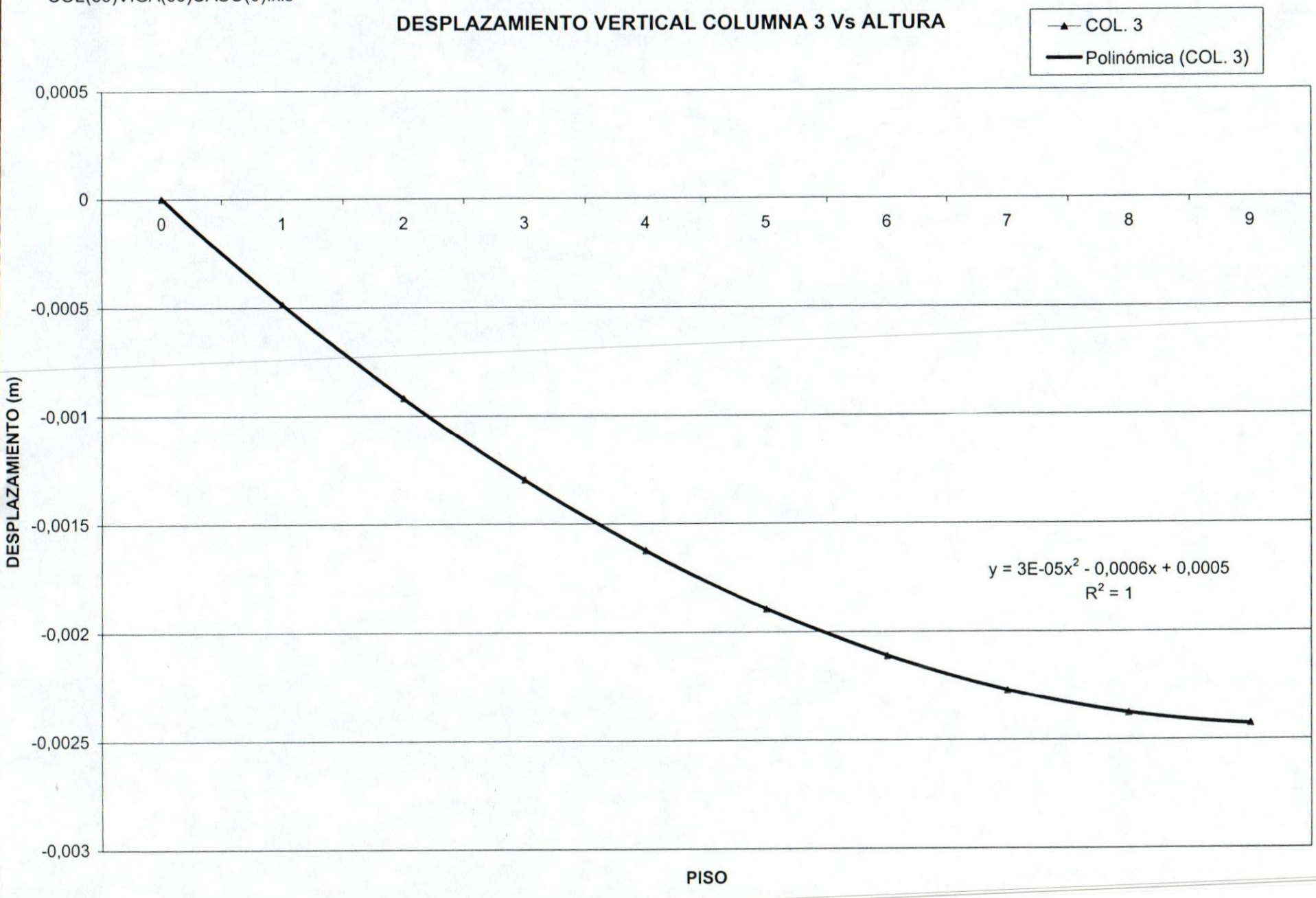
COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls



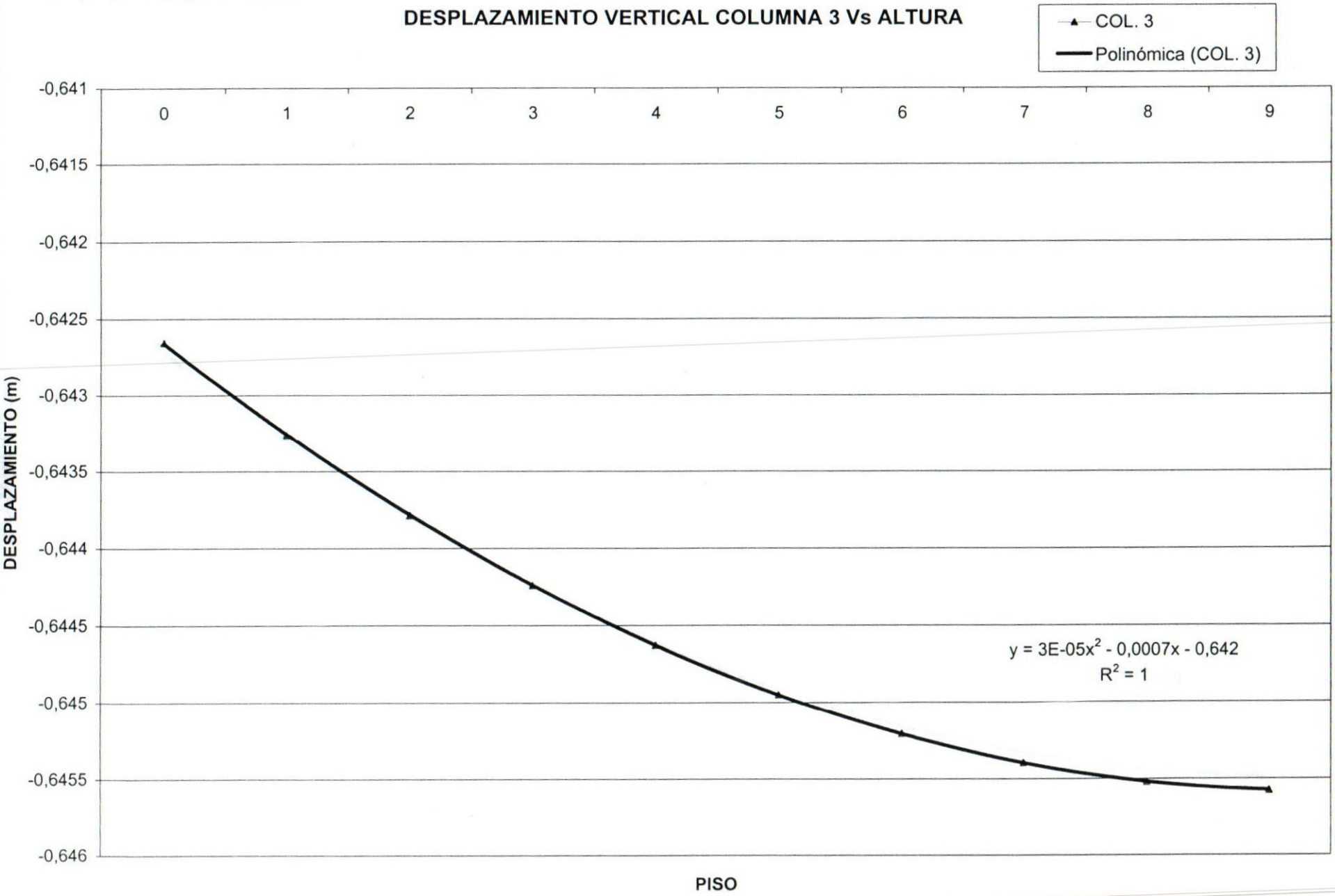
COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls

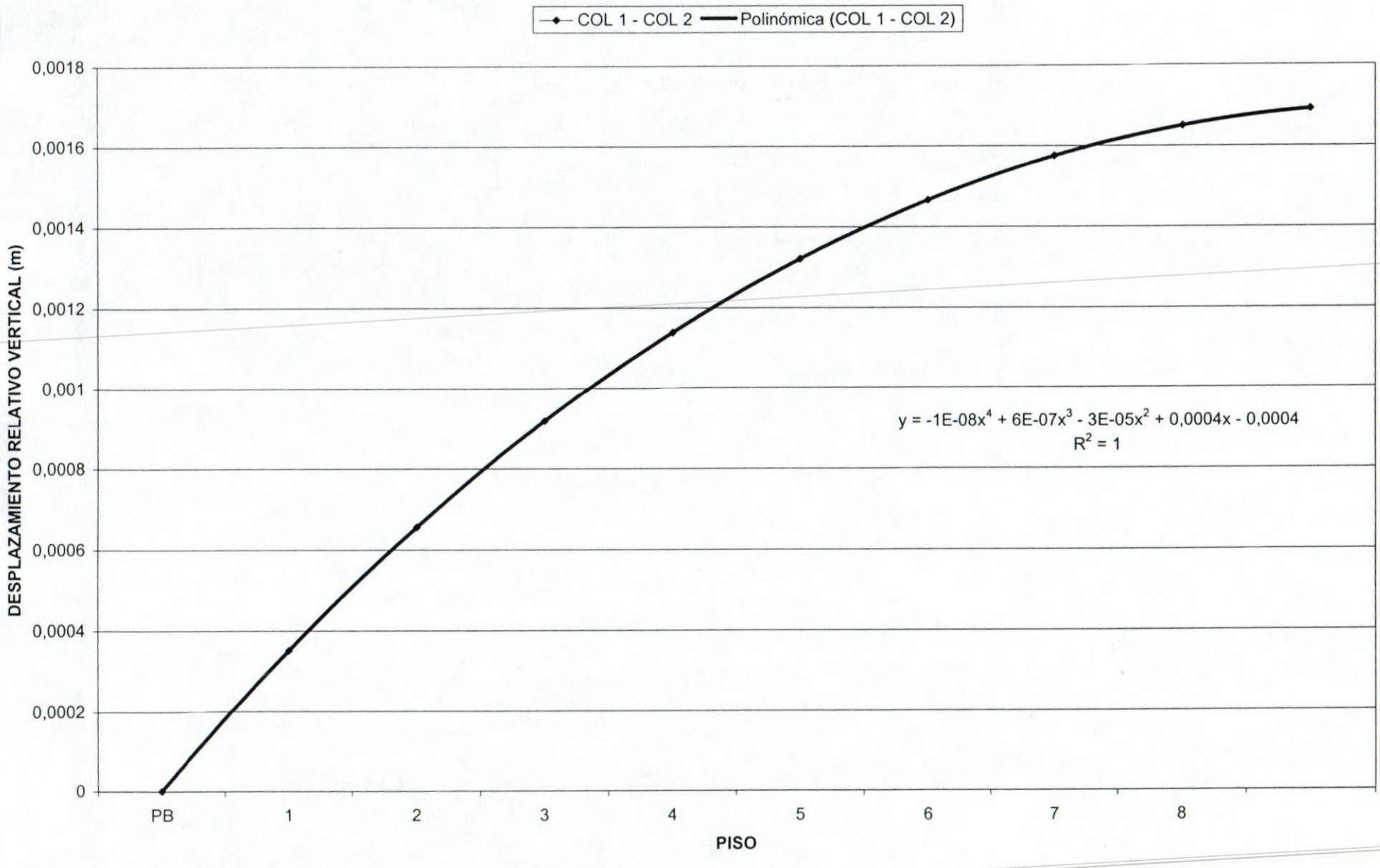


COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



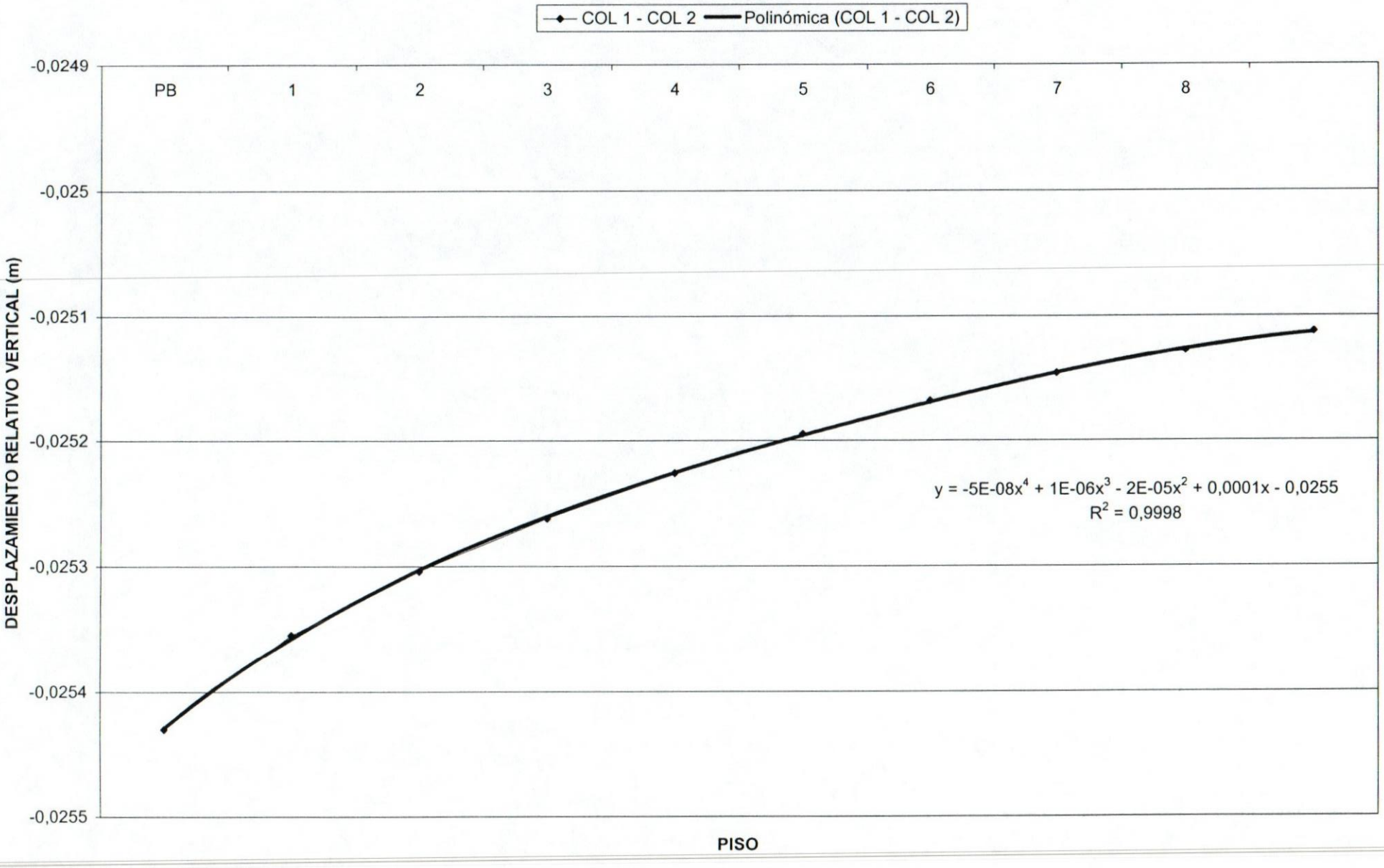
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls

DESPLAZAMIENO RELATIVO VERTICAL (VANO 1) Vs ALTURA



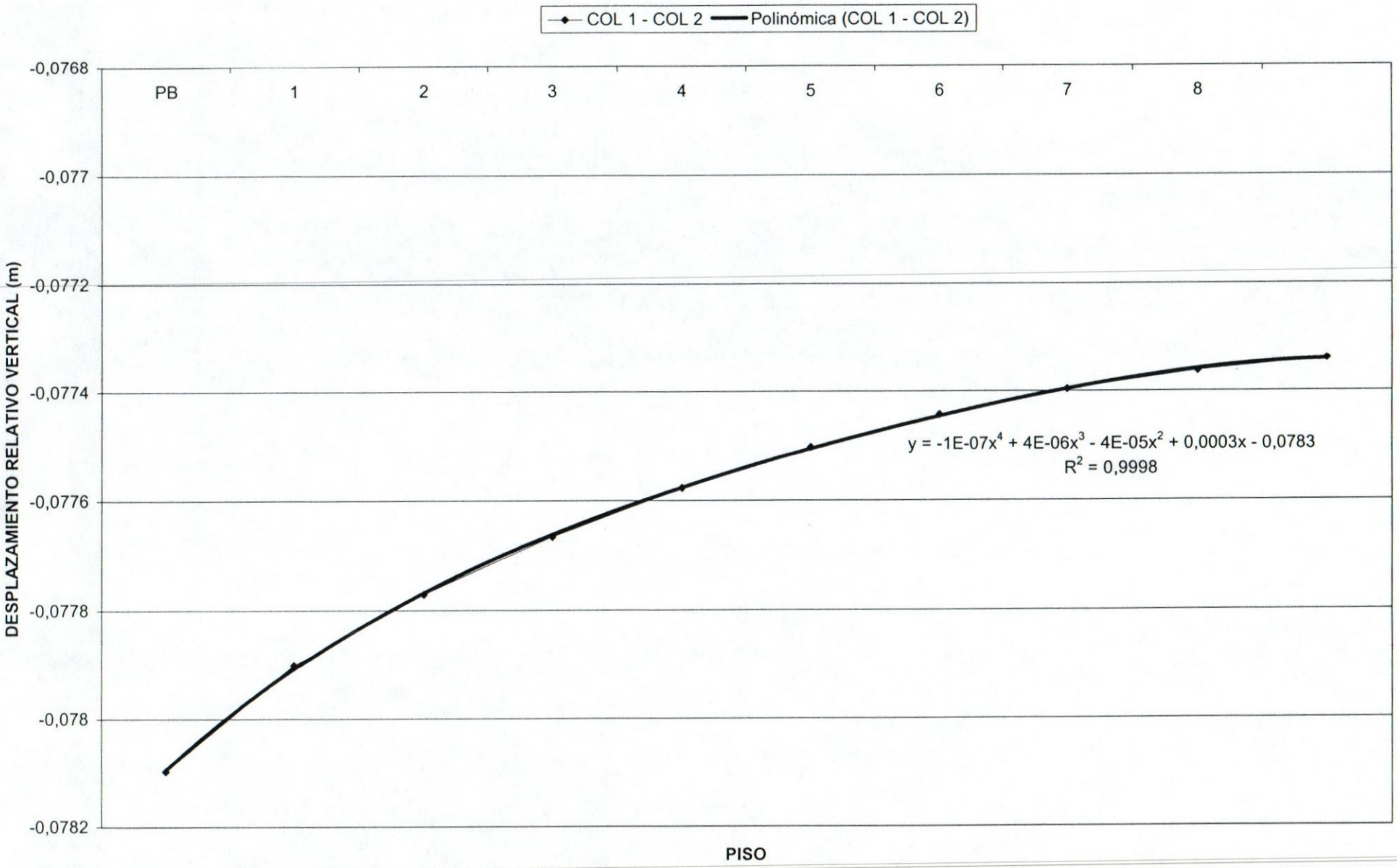
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls

DESPLAZAMIENO RELATIVO VERTICAL (VANO 1) Vs ALTURA



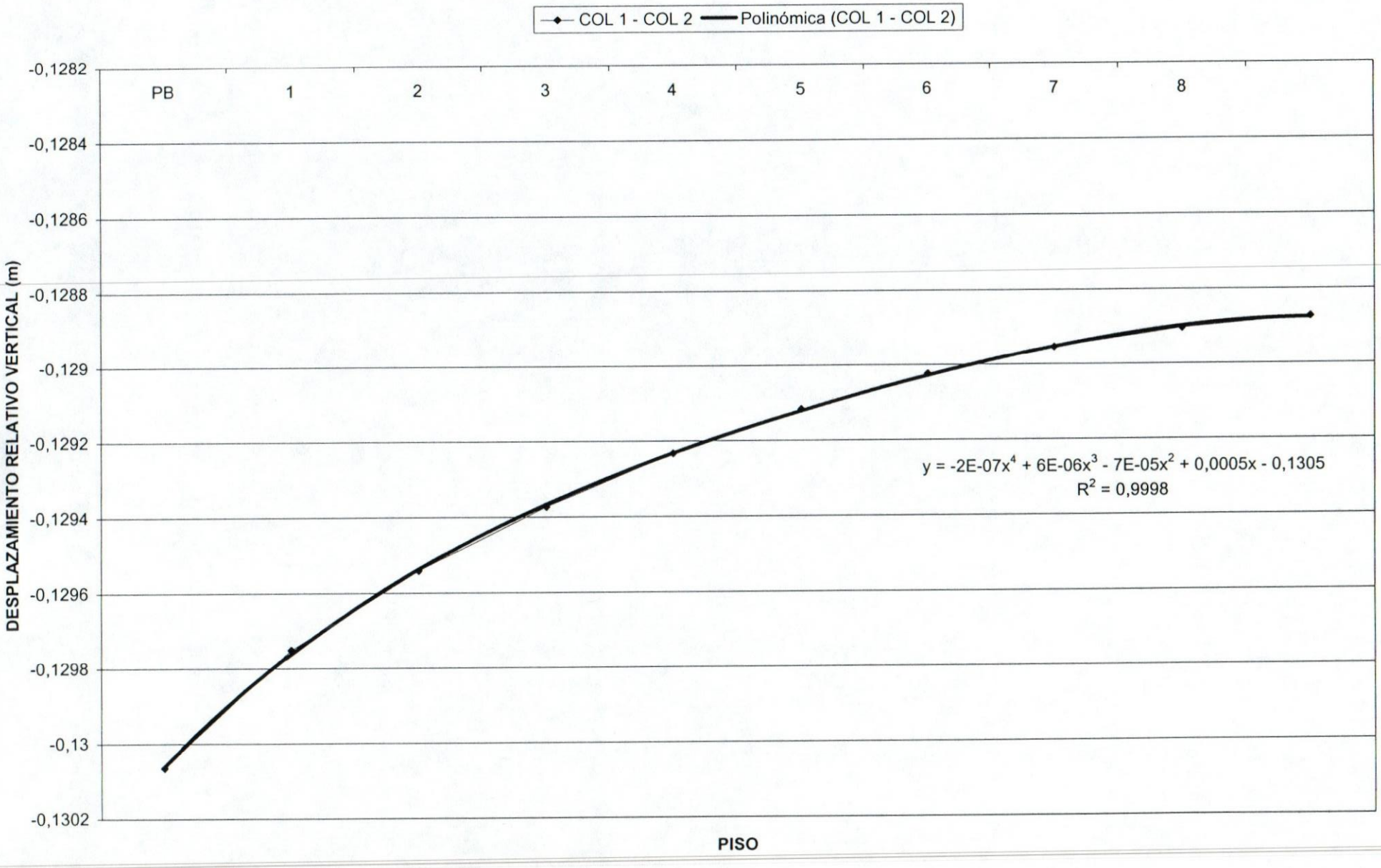
COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls

DESPLAZAMIENO RELATIVO VERTICAL (VANO 1) Vs ALTURA

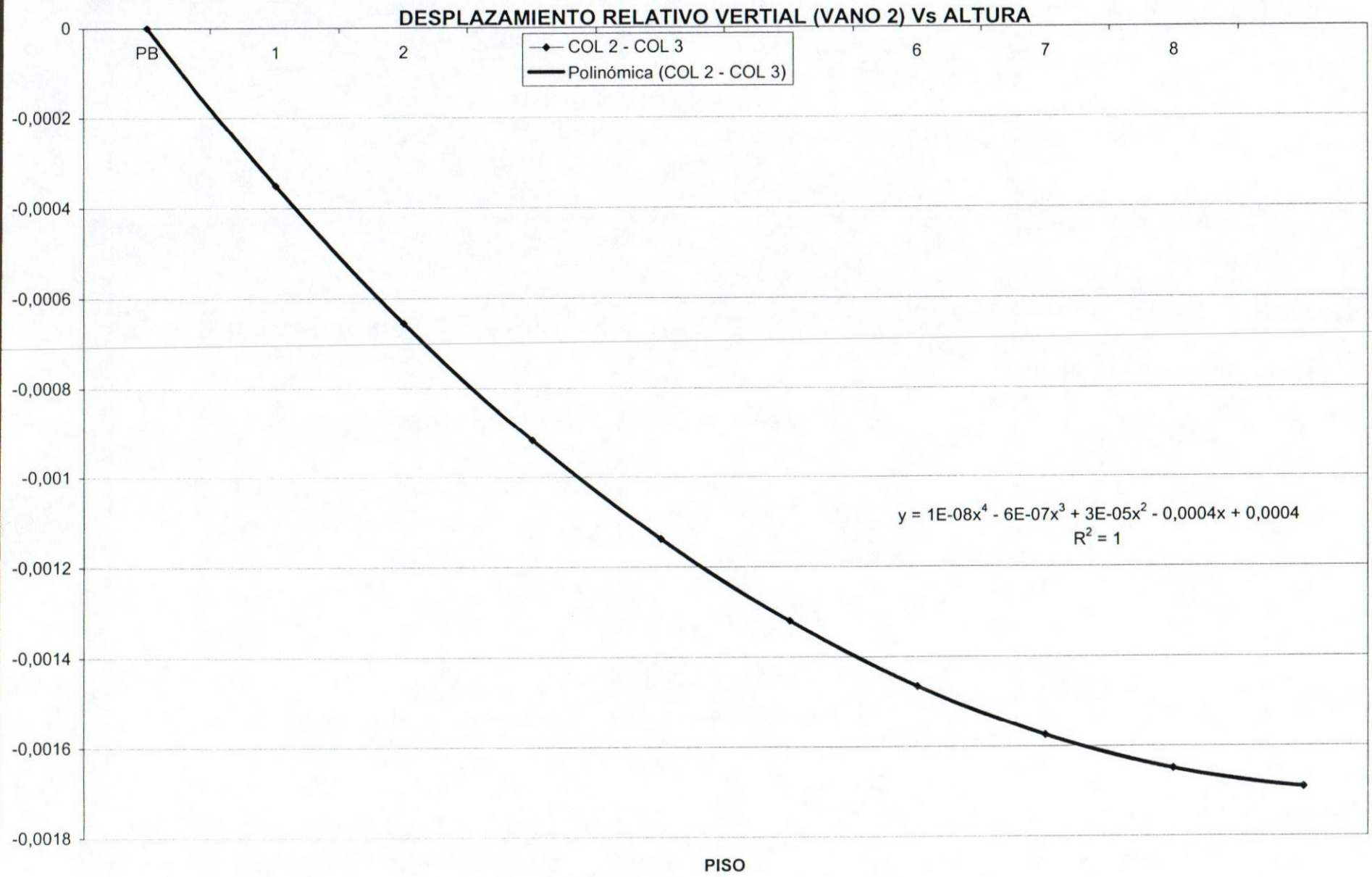


COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls

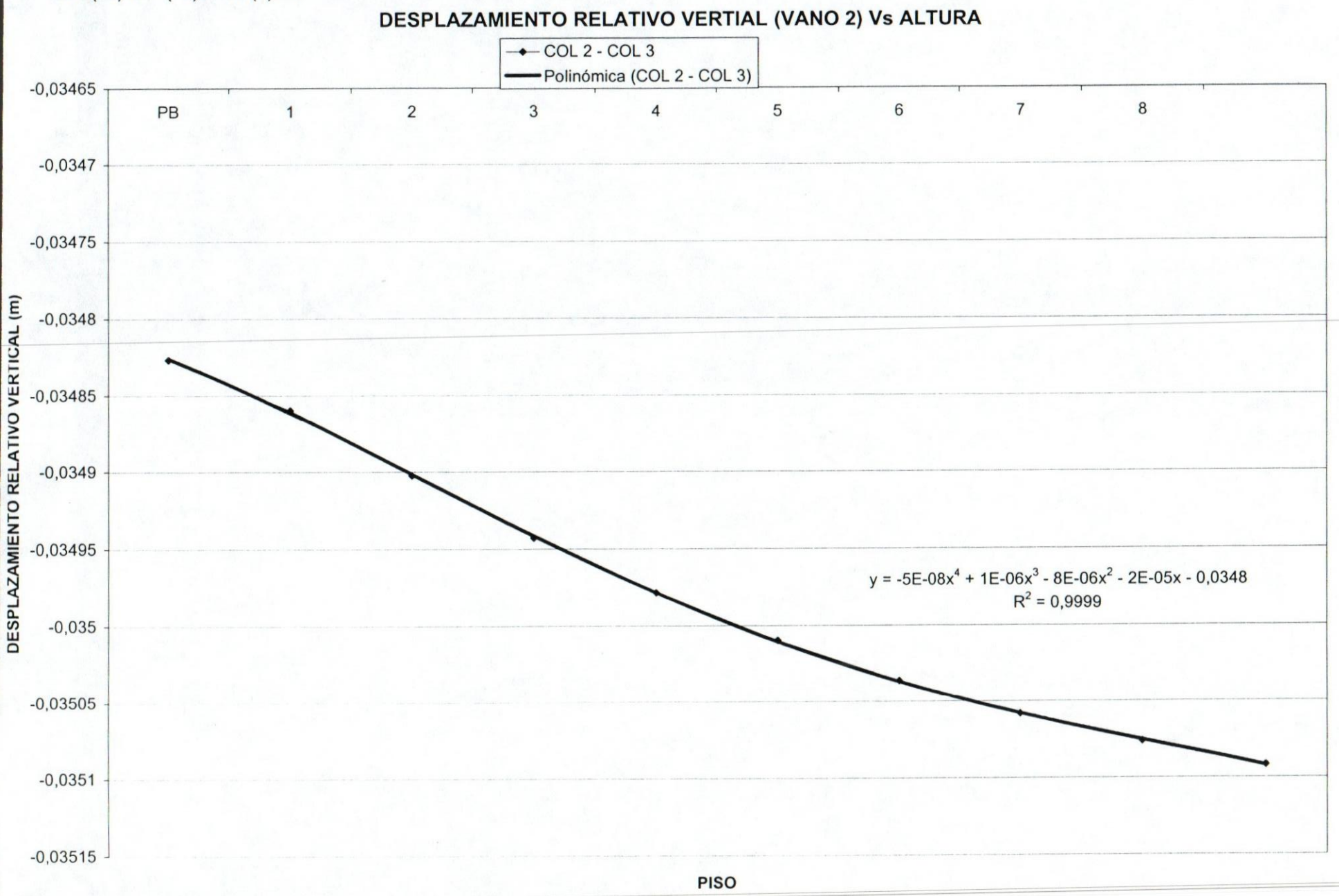
DESPLAZAMIENO RELATIVO VERTICAL (VANO 1) Vs ALTURA



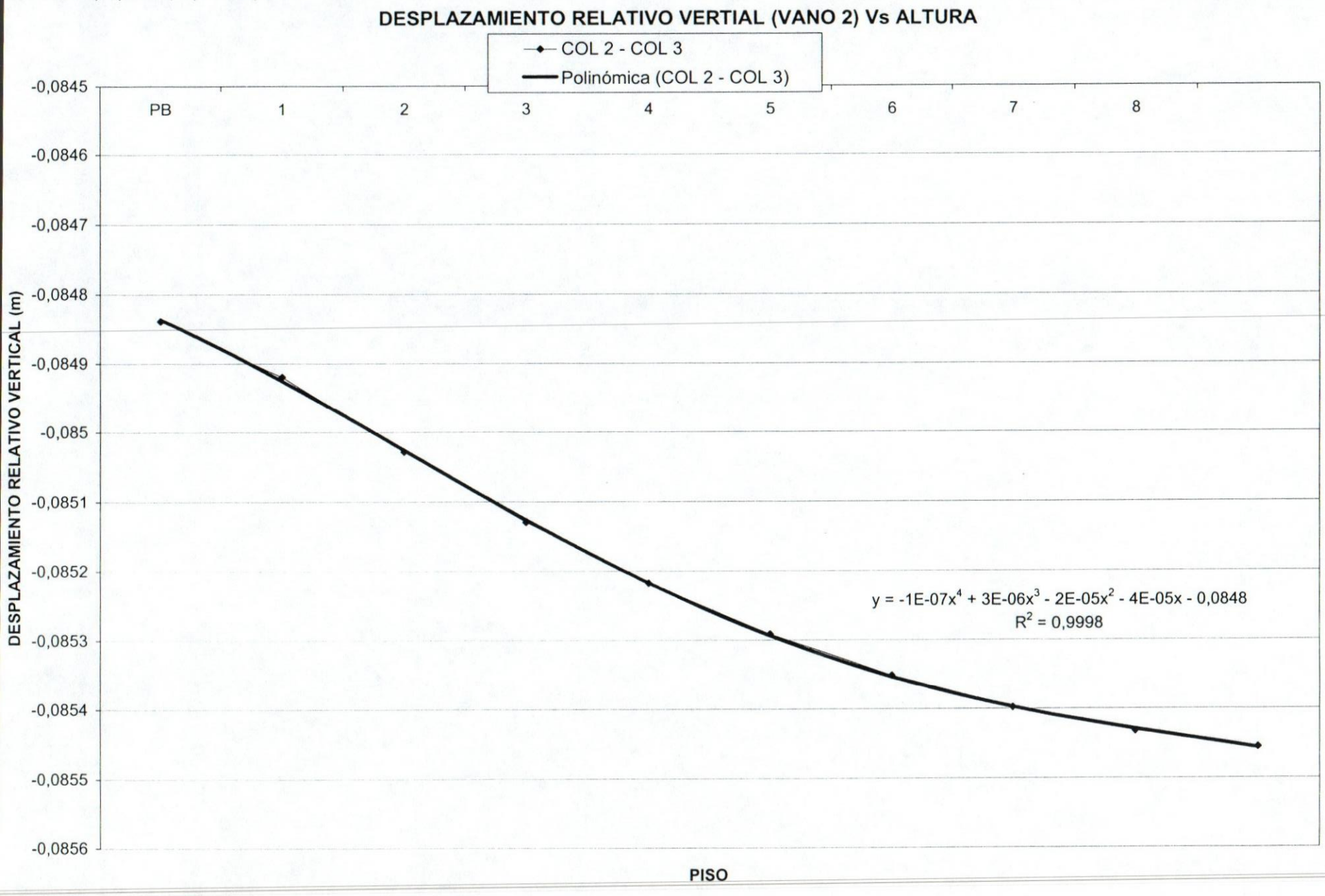
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



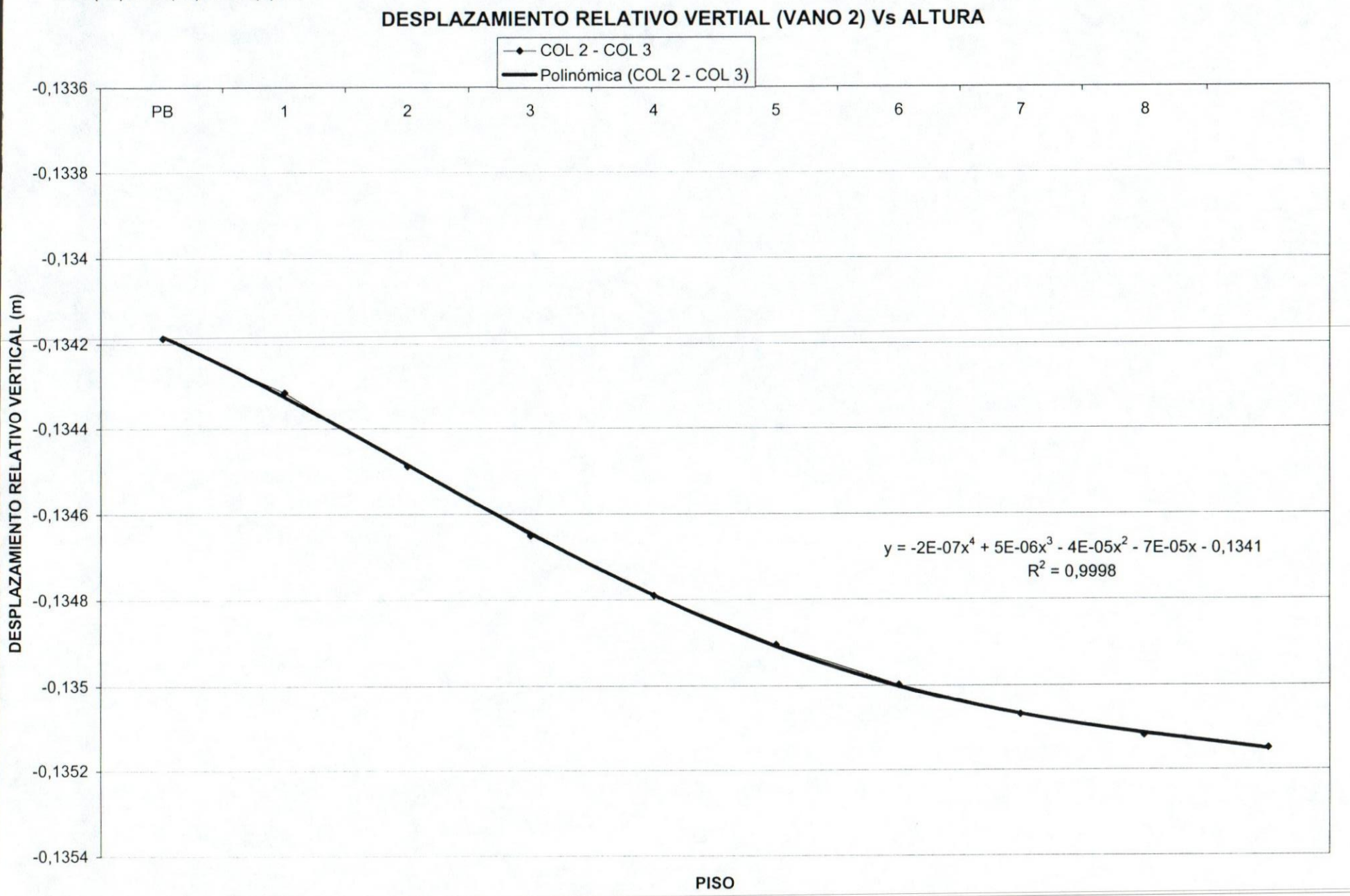
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls



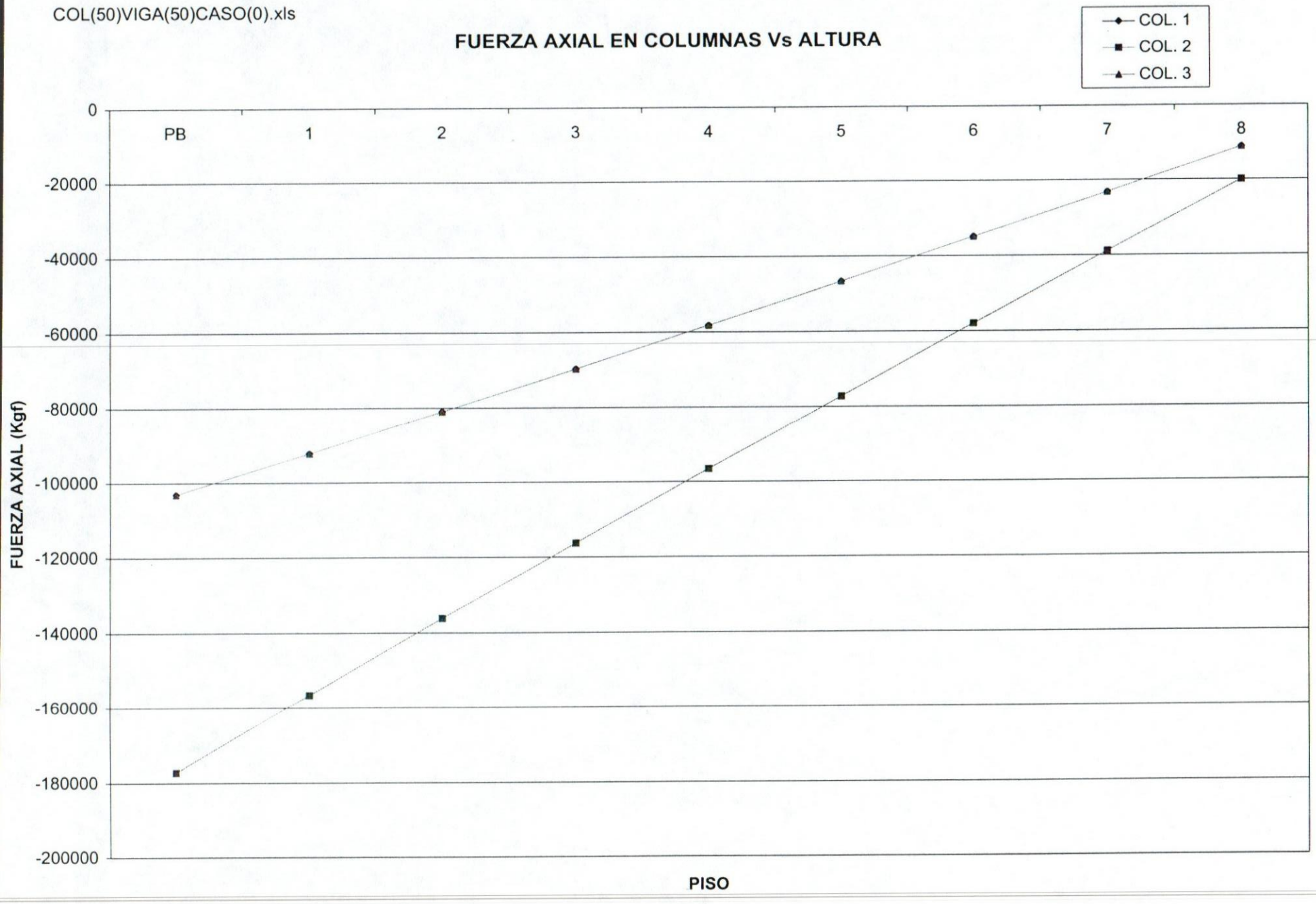
COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



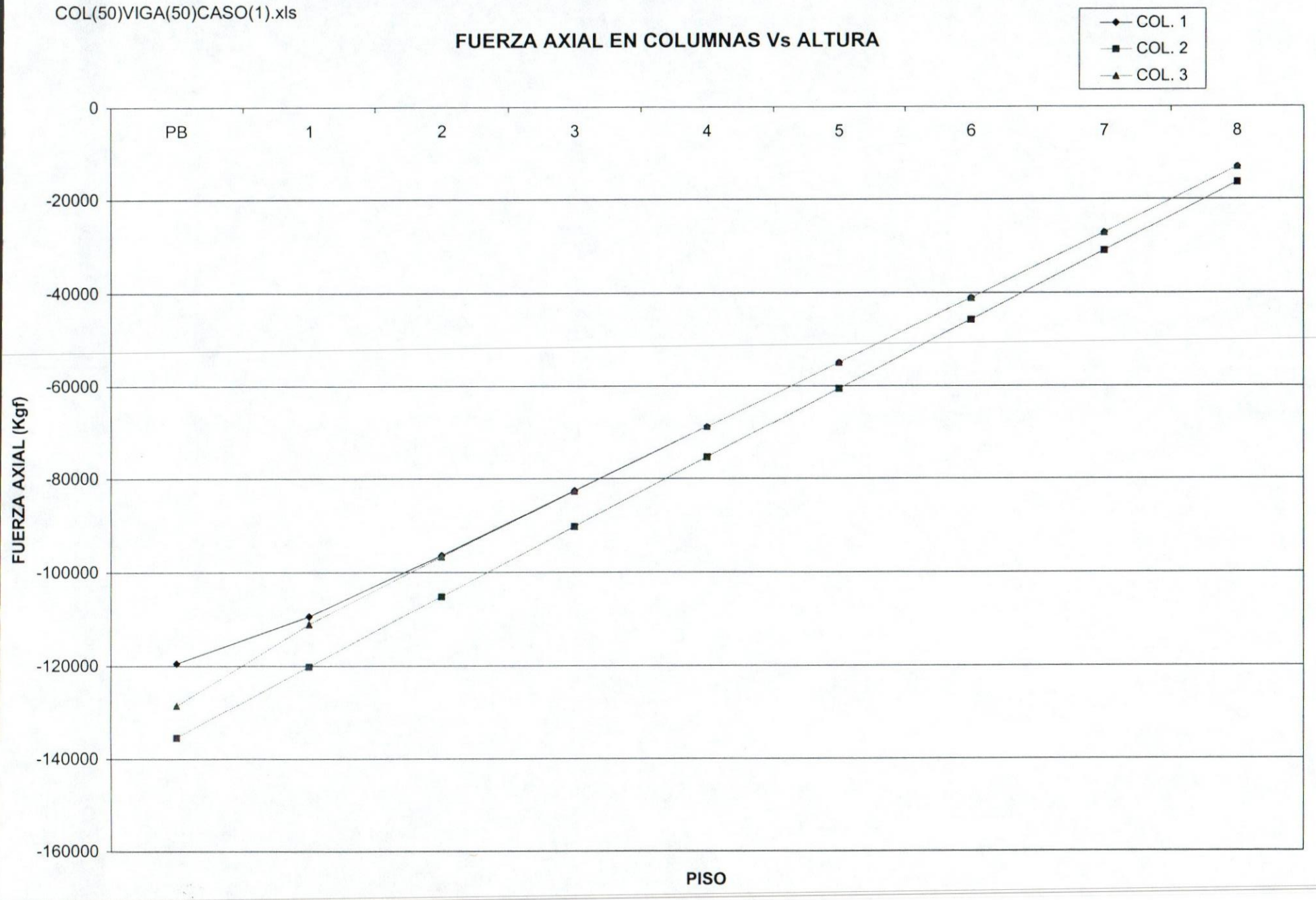
ANEXO 2

Fuerza Axial en columnas vs. altura en pórticos de columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).

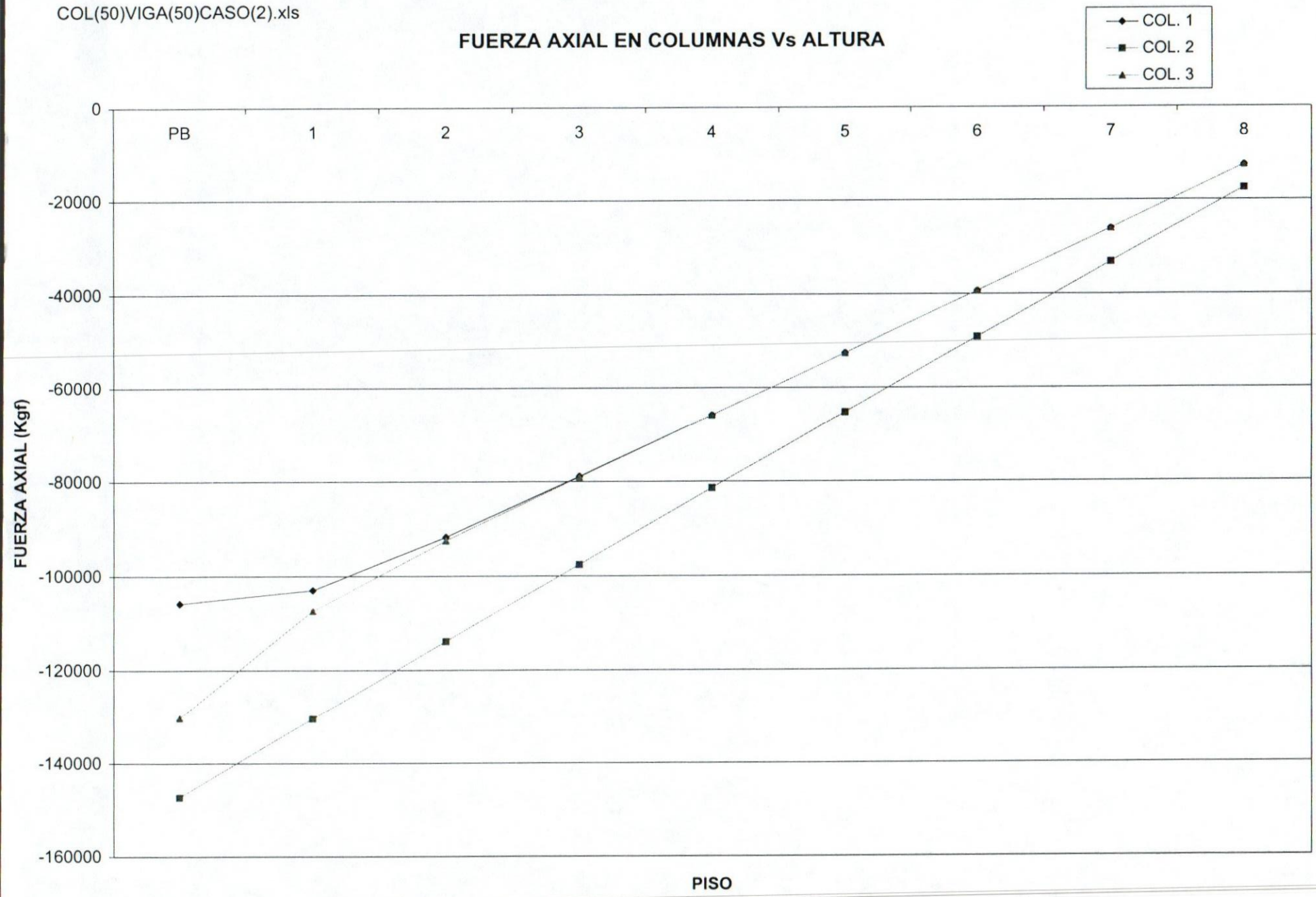
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



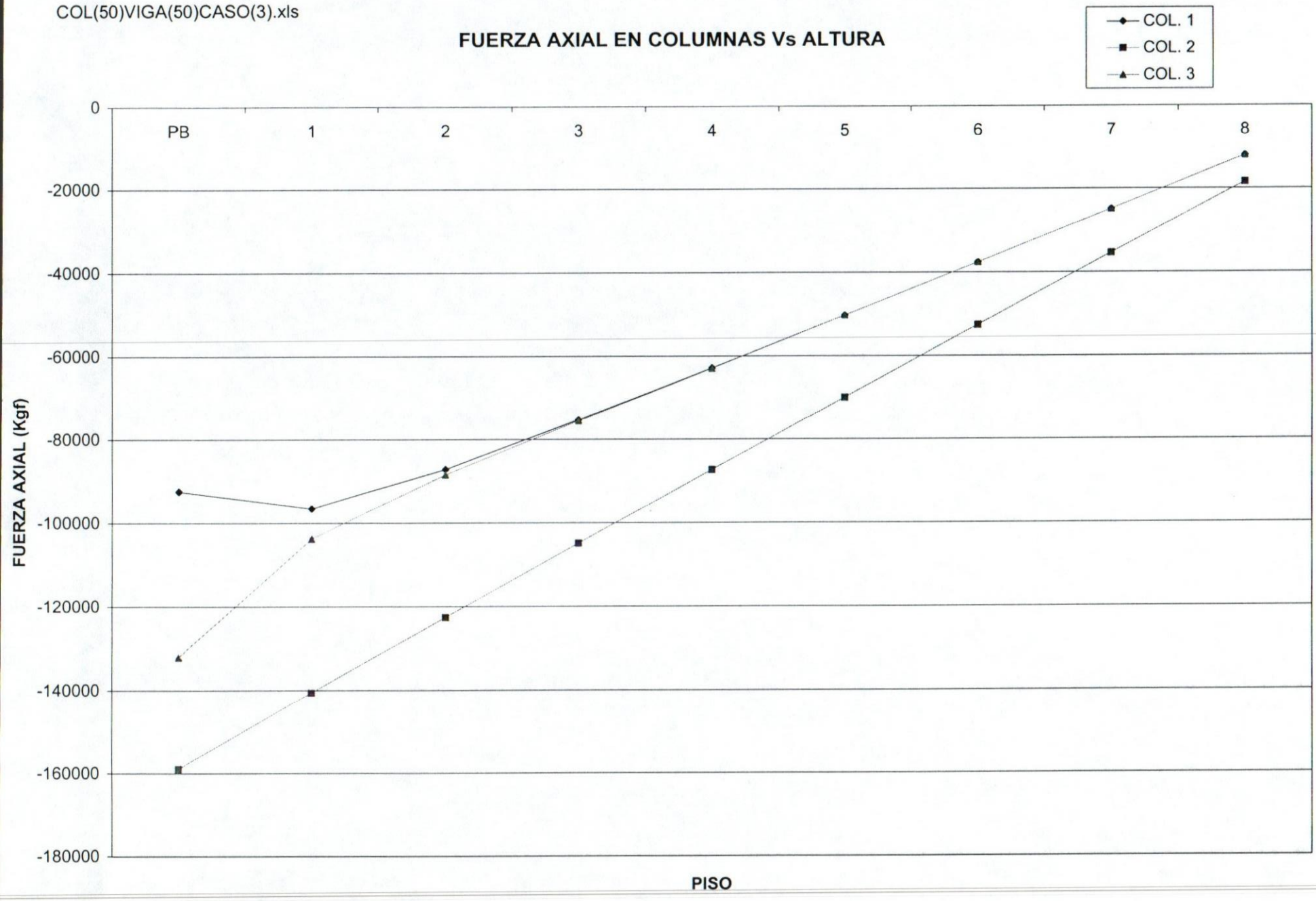
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls



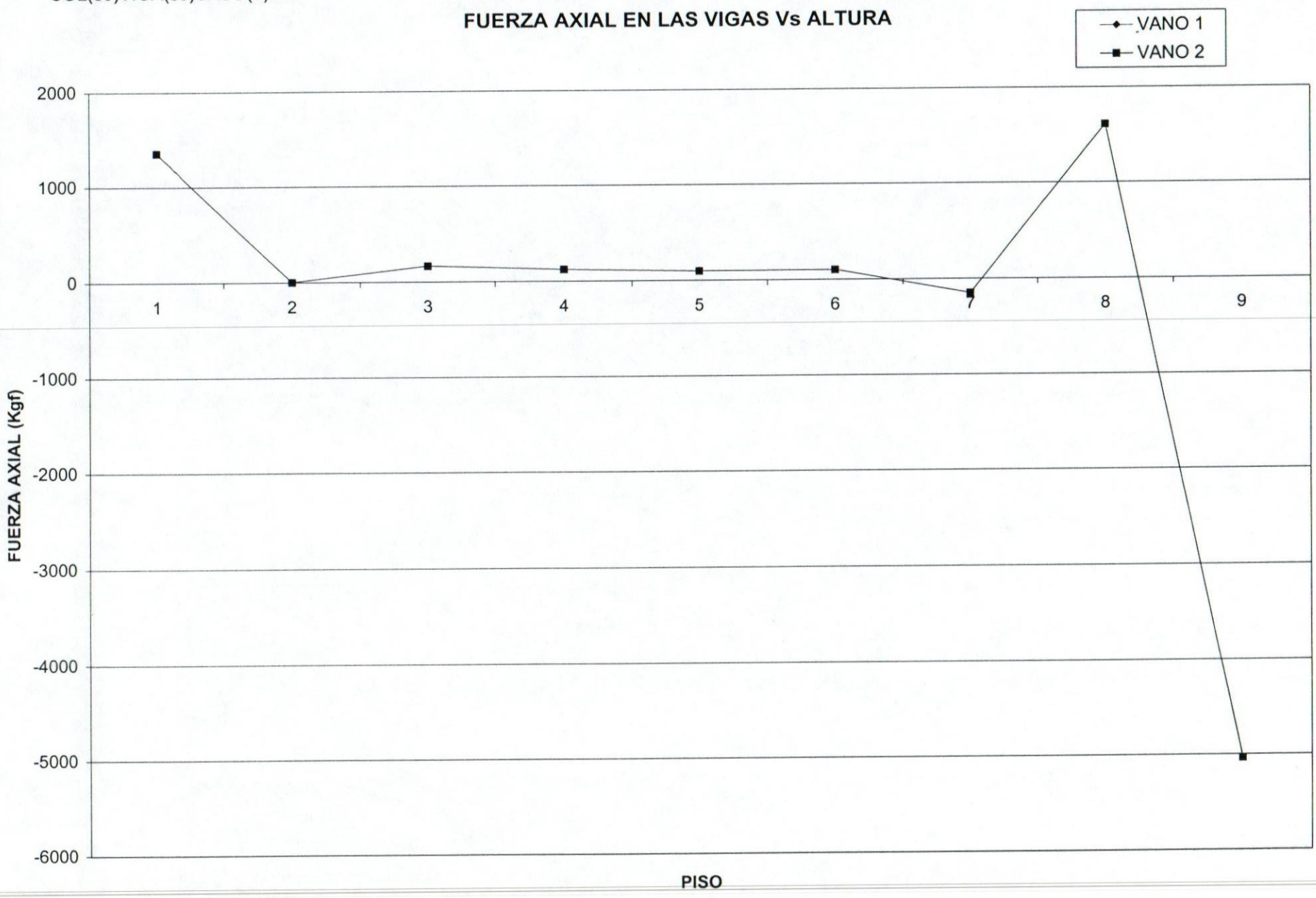
COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



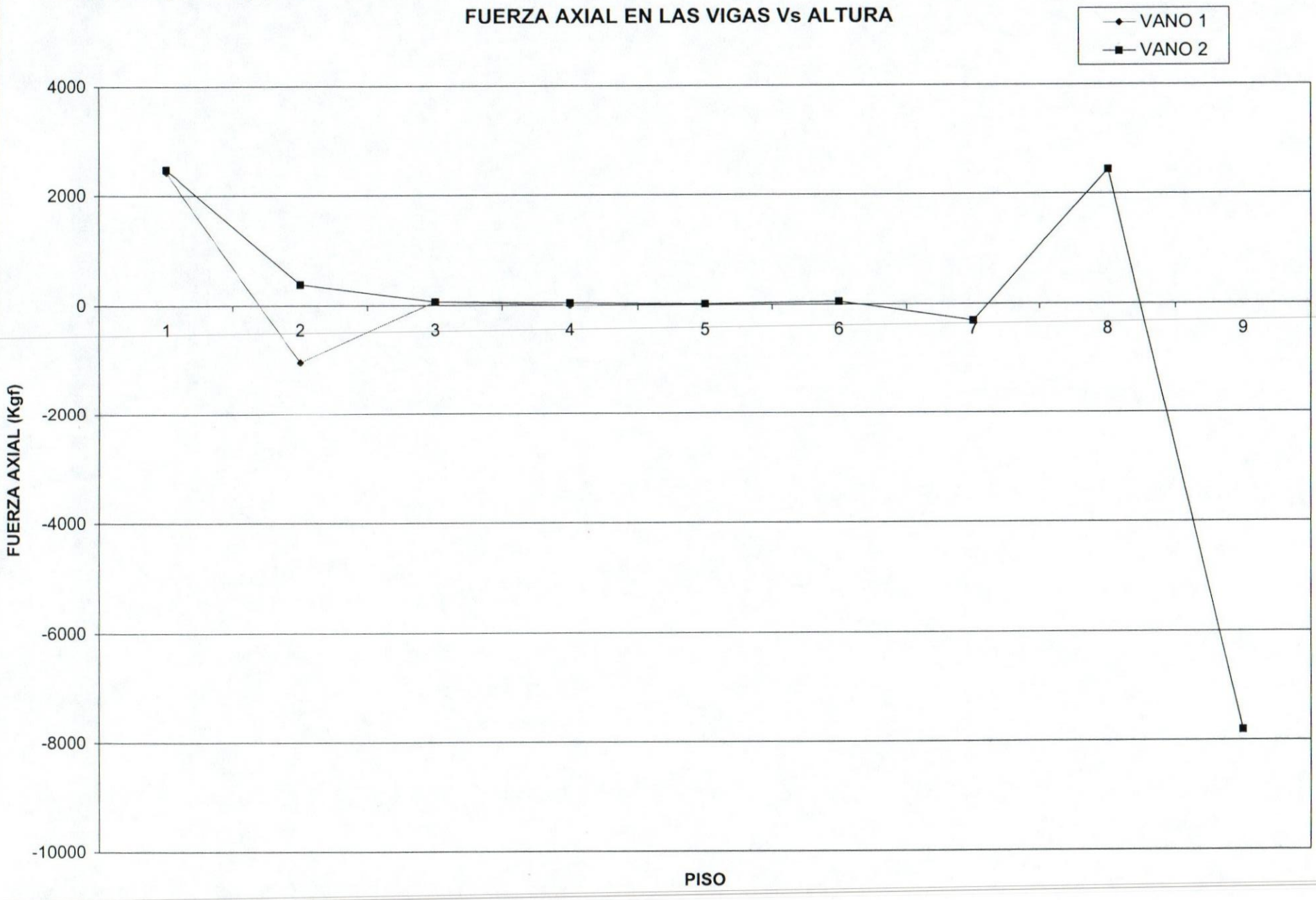
ANEXO 3

Fuerza Axial en vigas de los vanos 1 y 2 vs. altura en pórticos de columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).

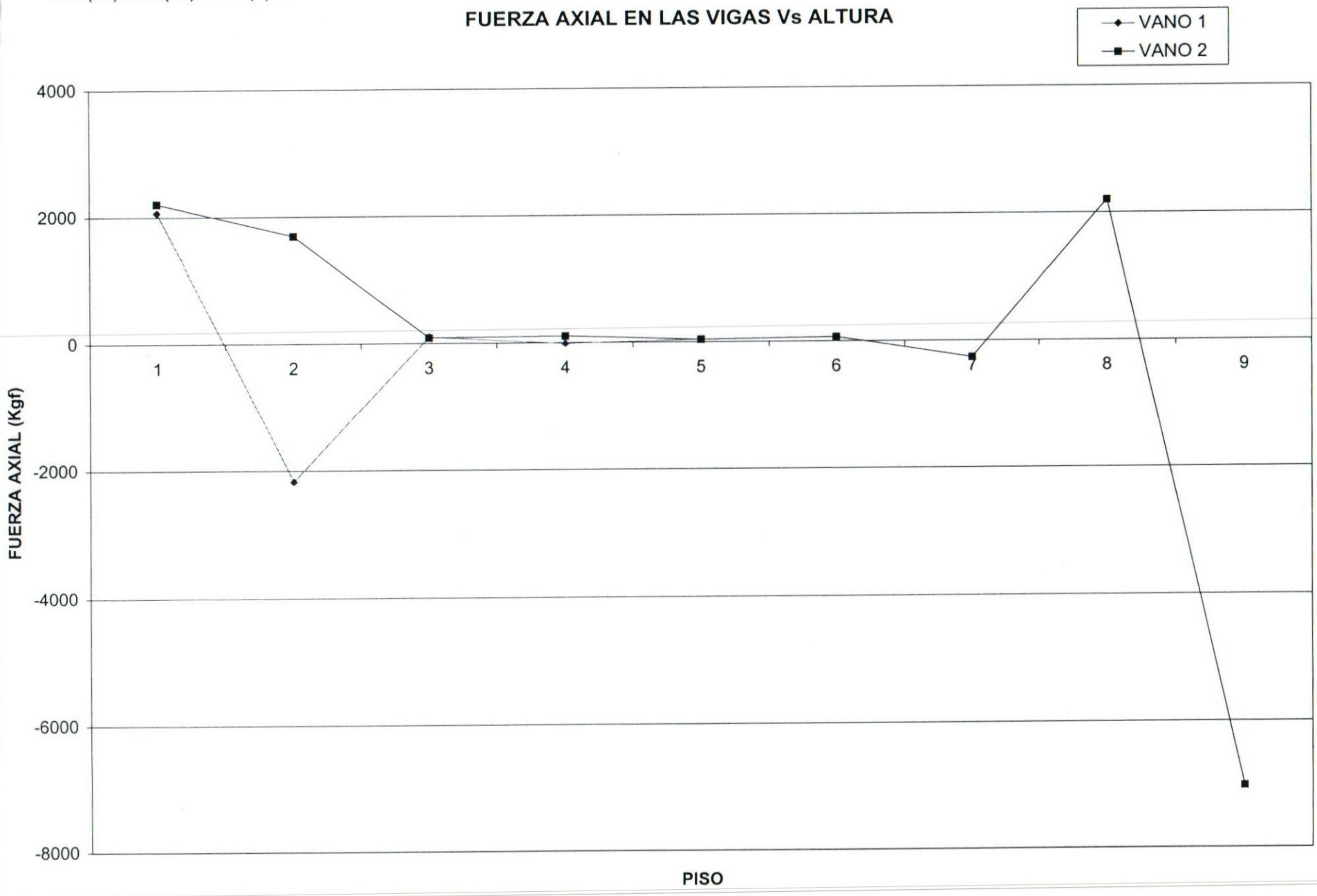
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



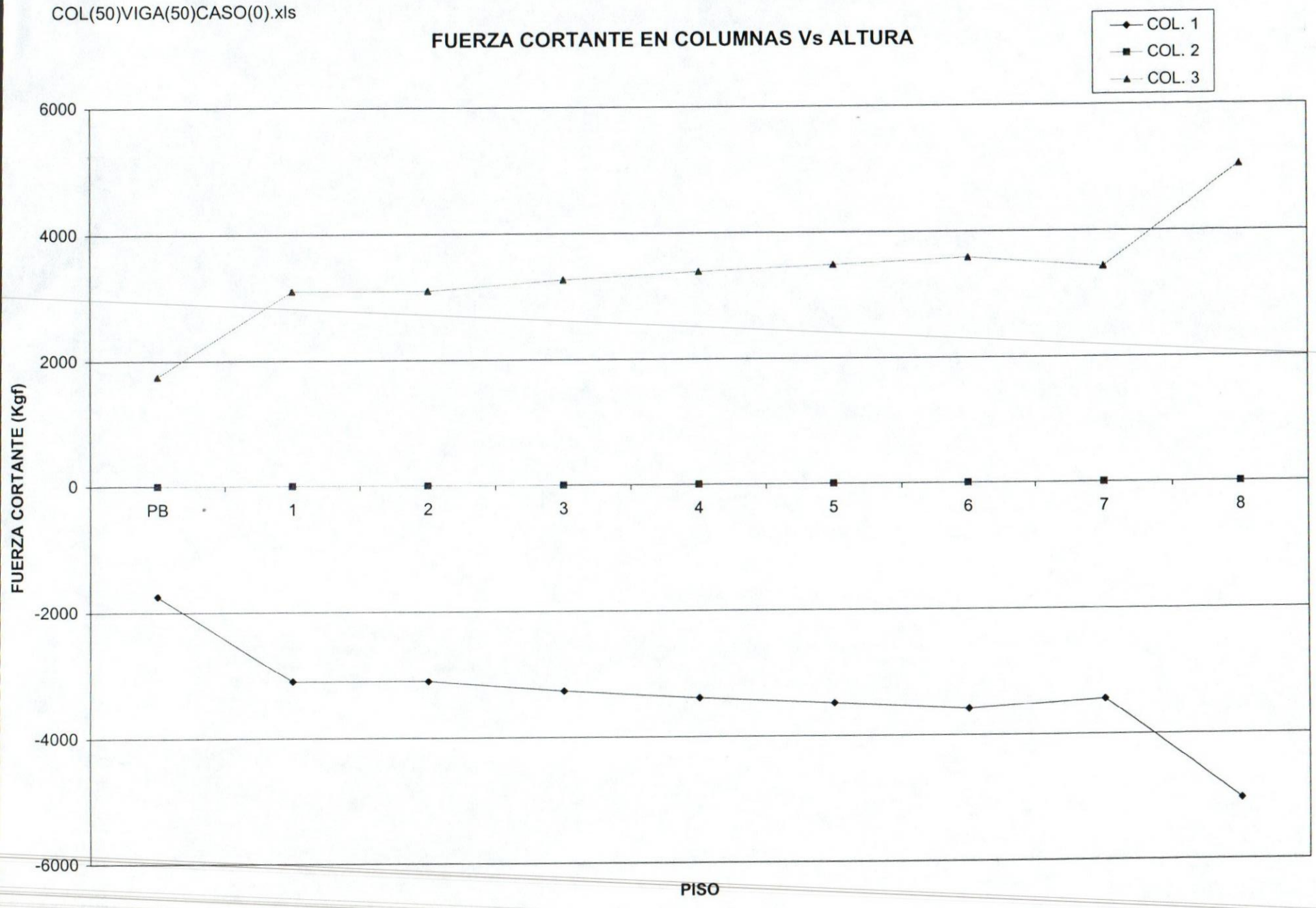
COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls



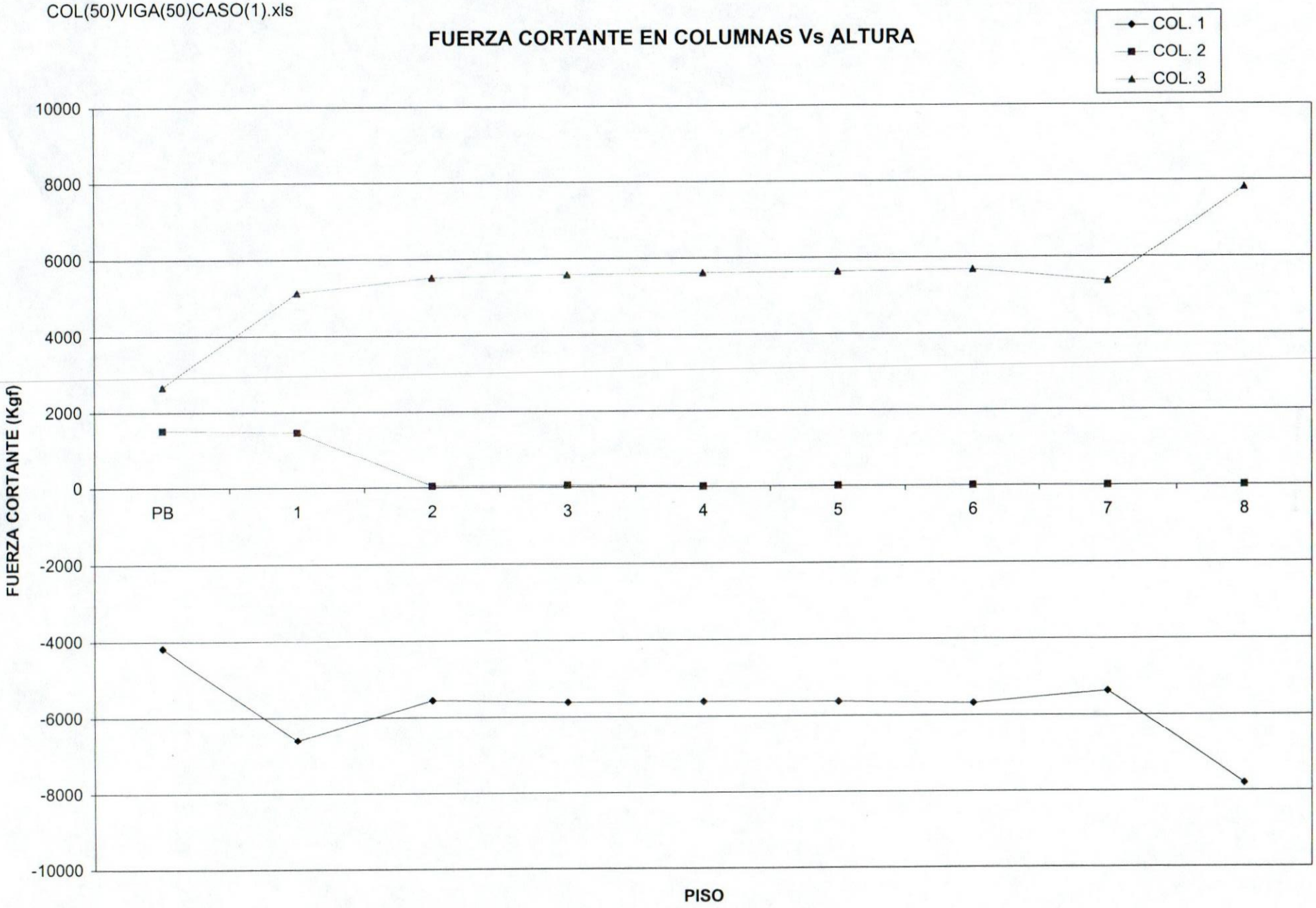
ANEXO 4

Fuerza de corte en las columnas vs. altura en pórticos de columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).

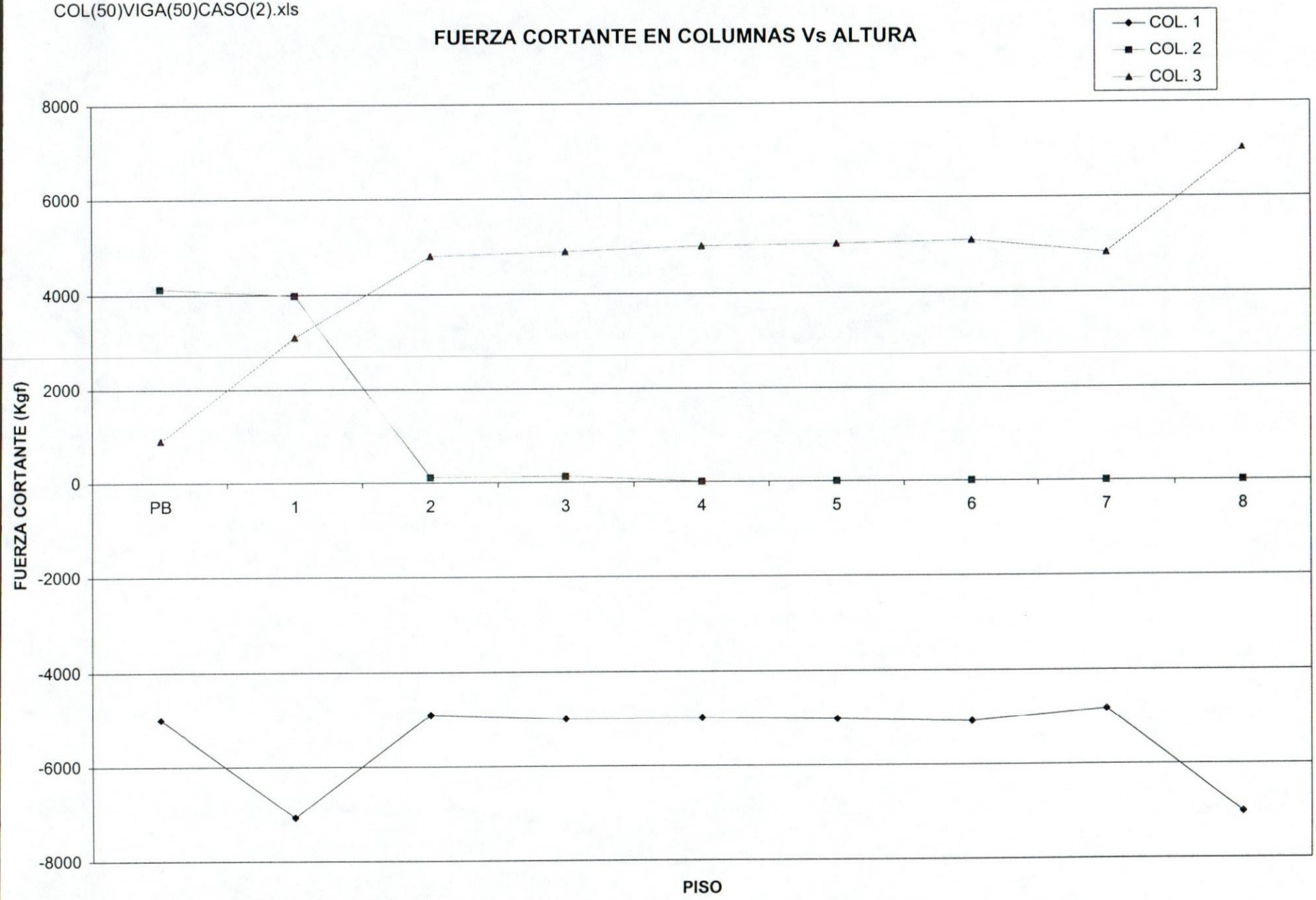
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



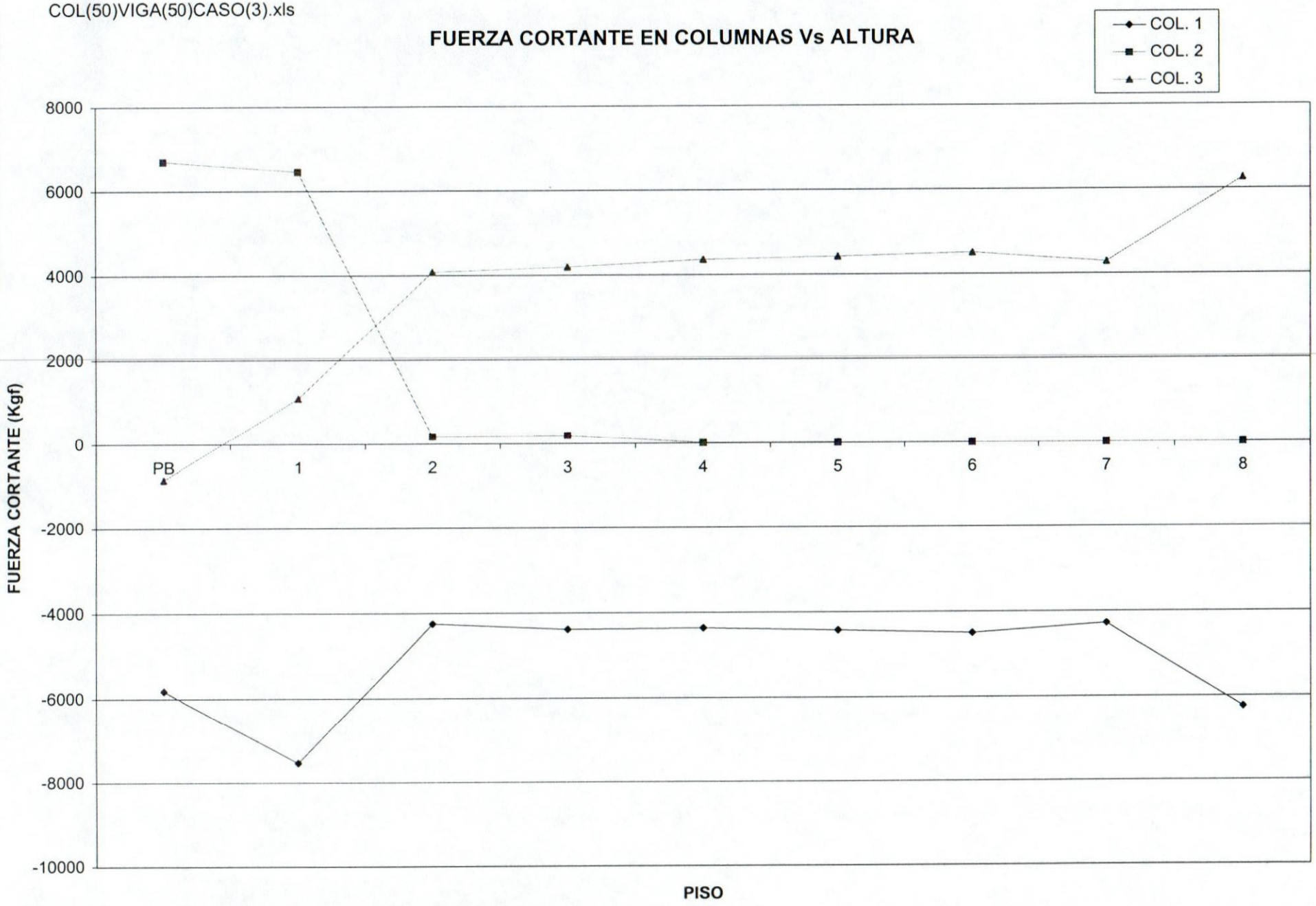
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls



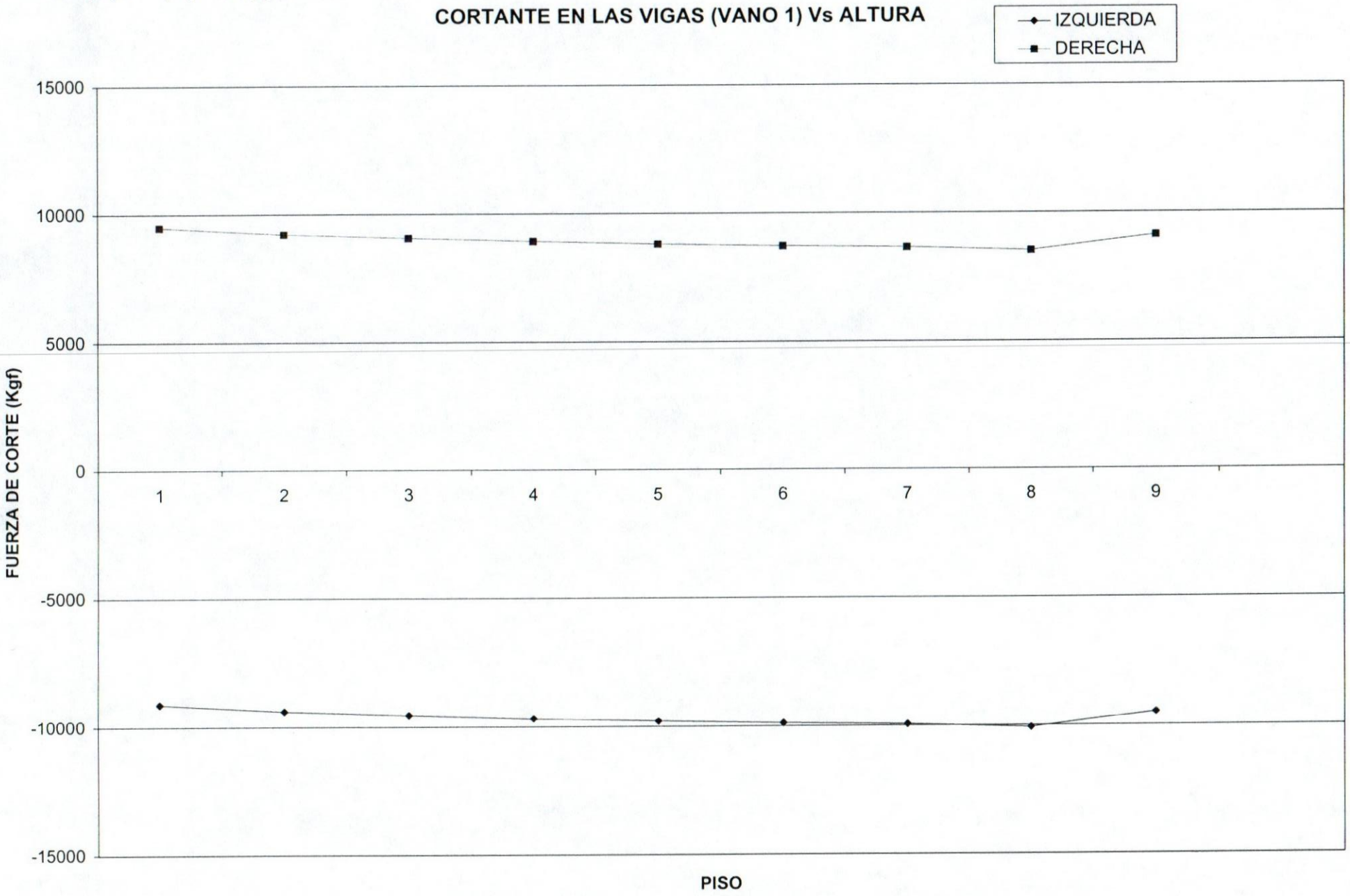
COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



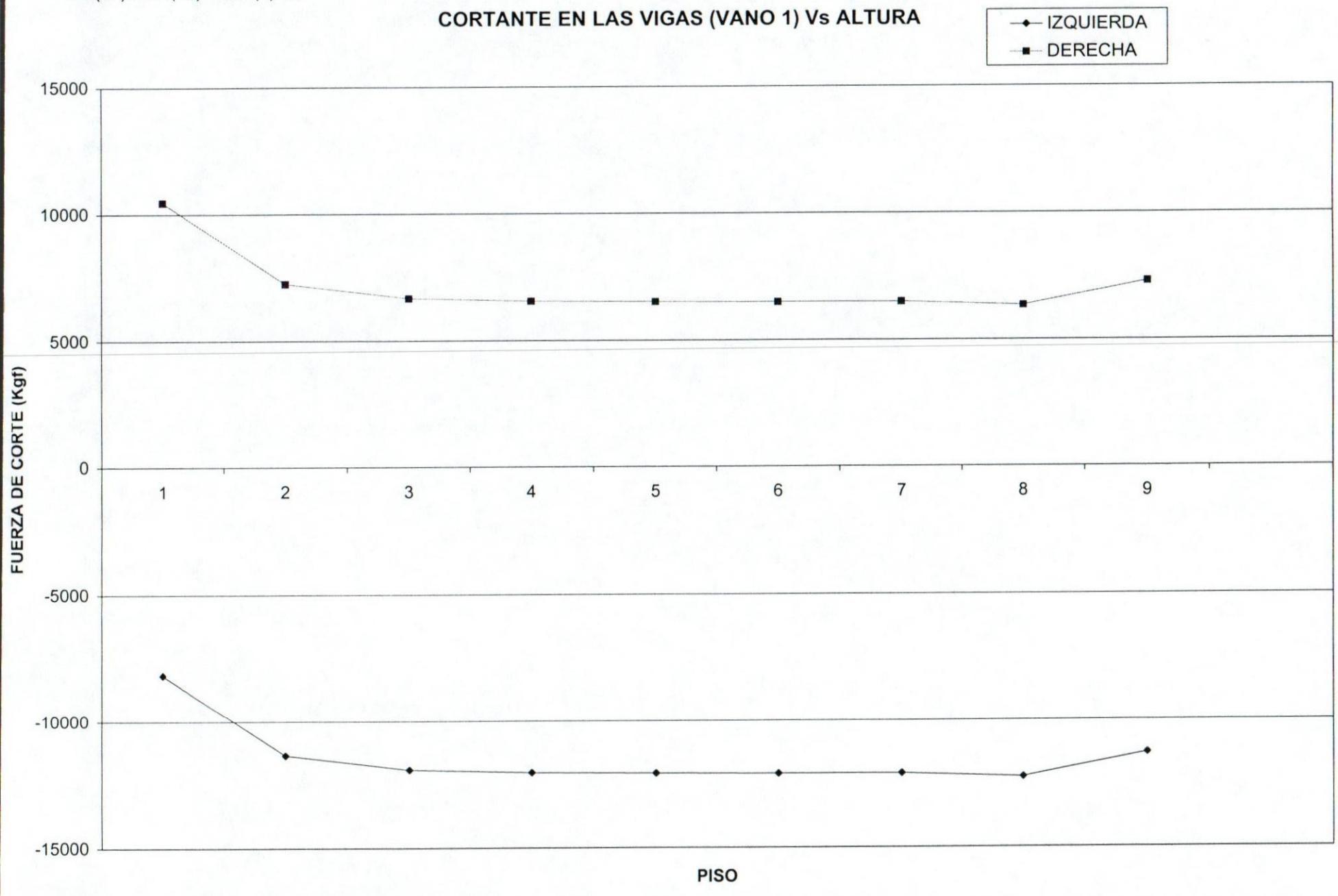
ANEXO 5

Fuerza de corte en los extremos de las vigas de los vanos 1 y 2 vs. altura en pórticos con columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).

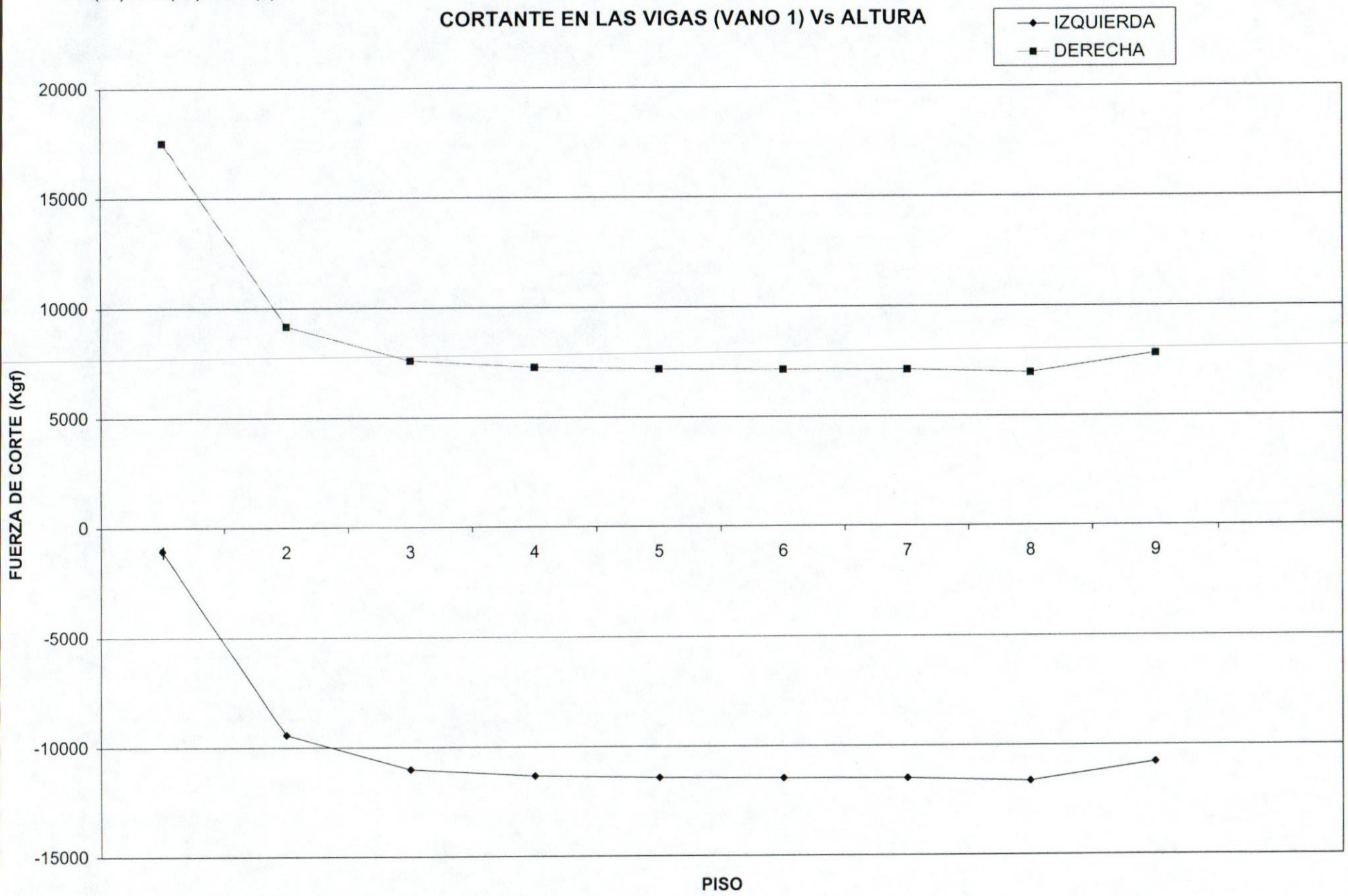
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



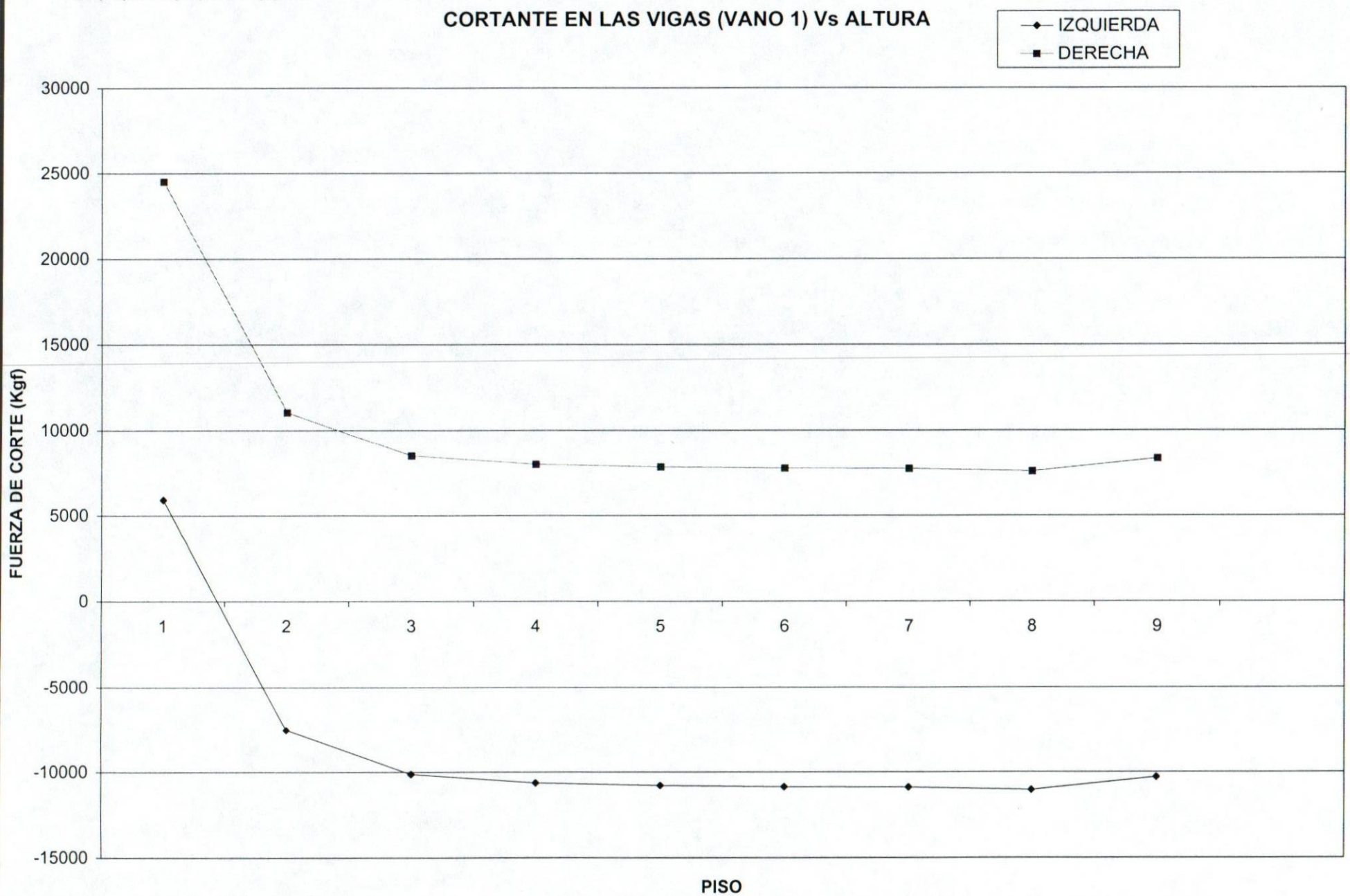
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



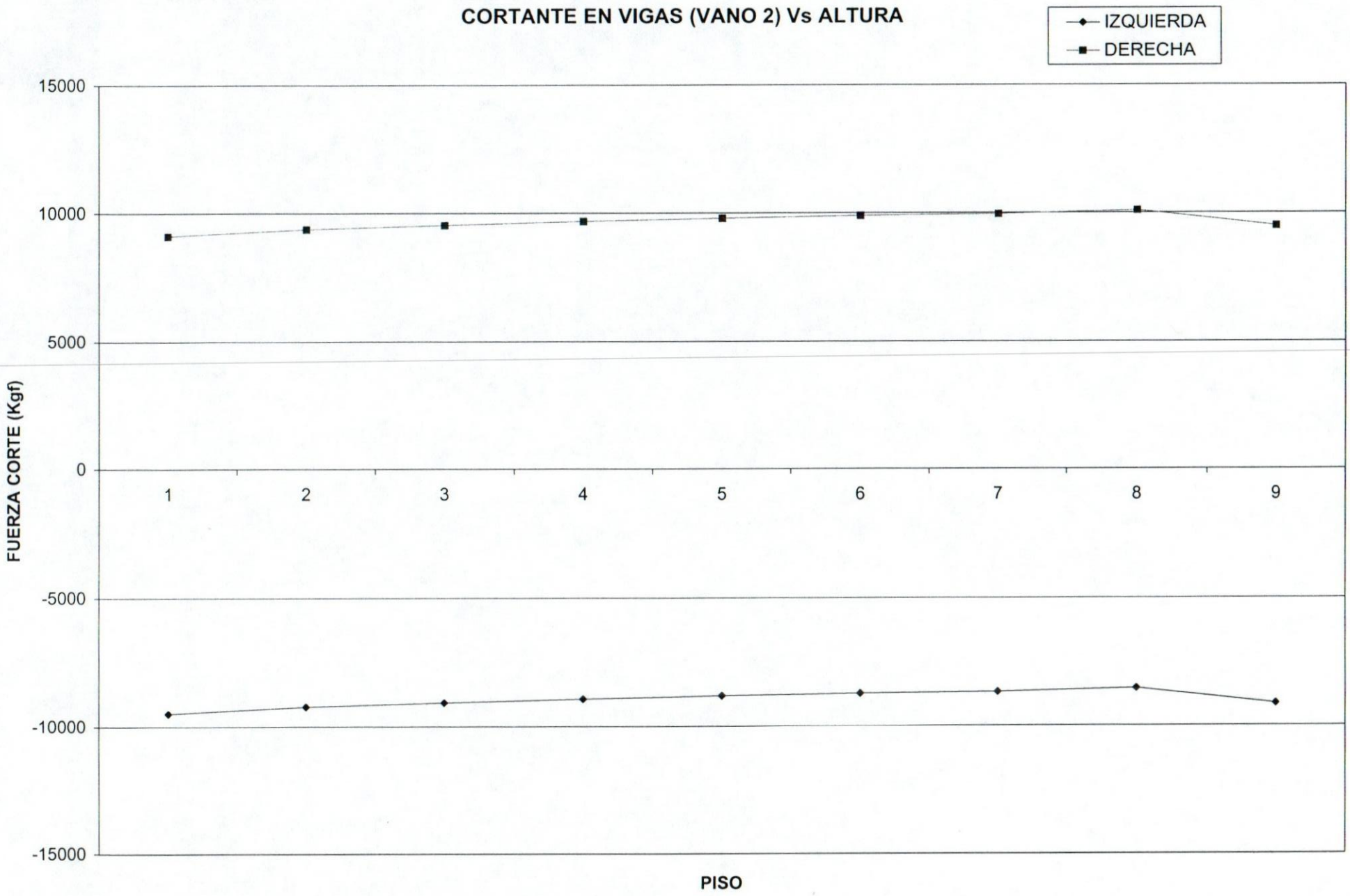
COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls



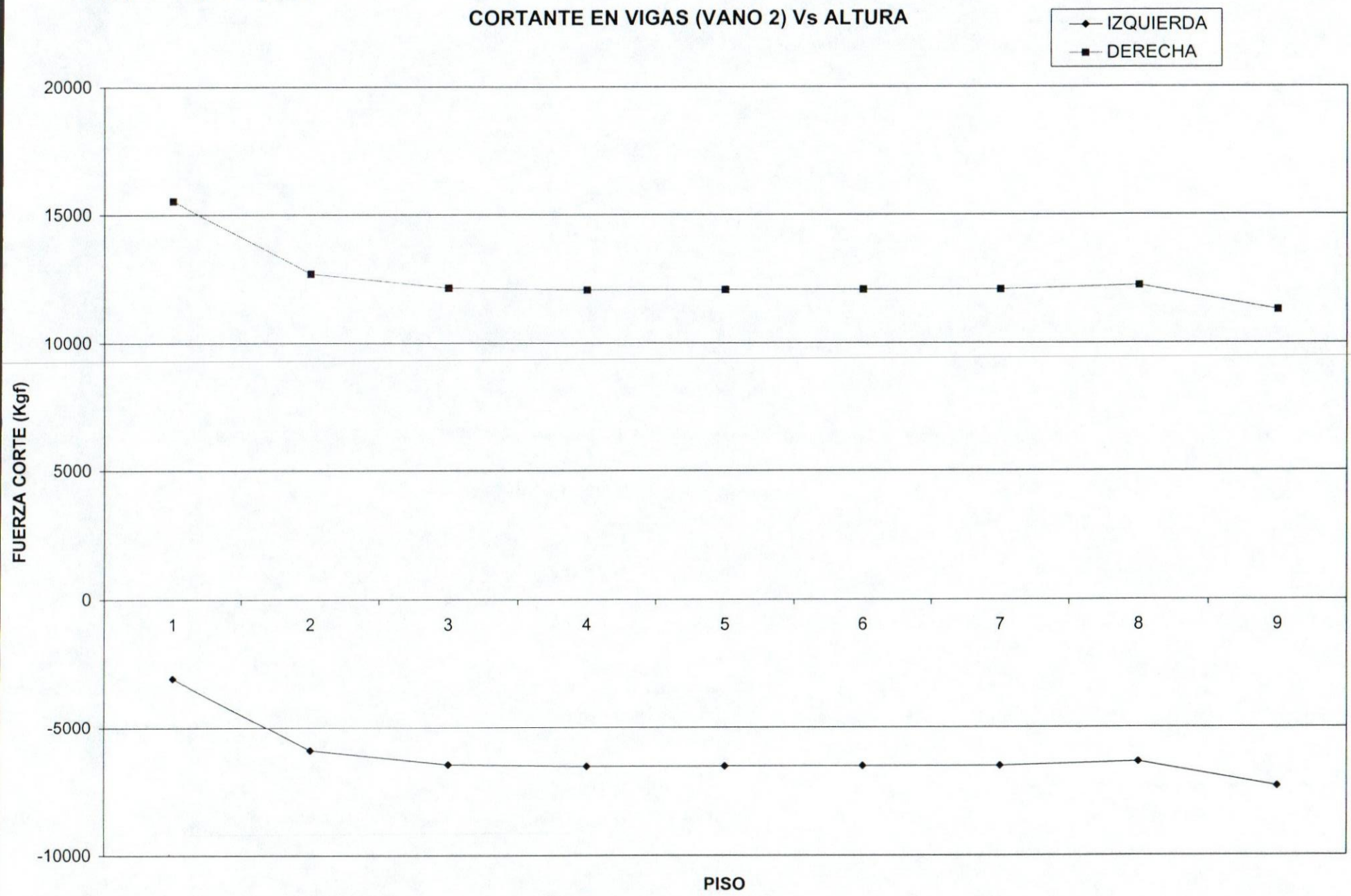
COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



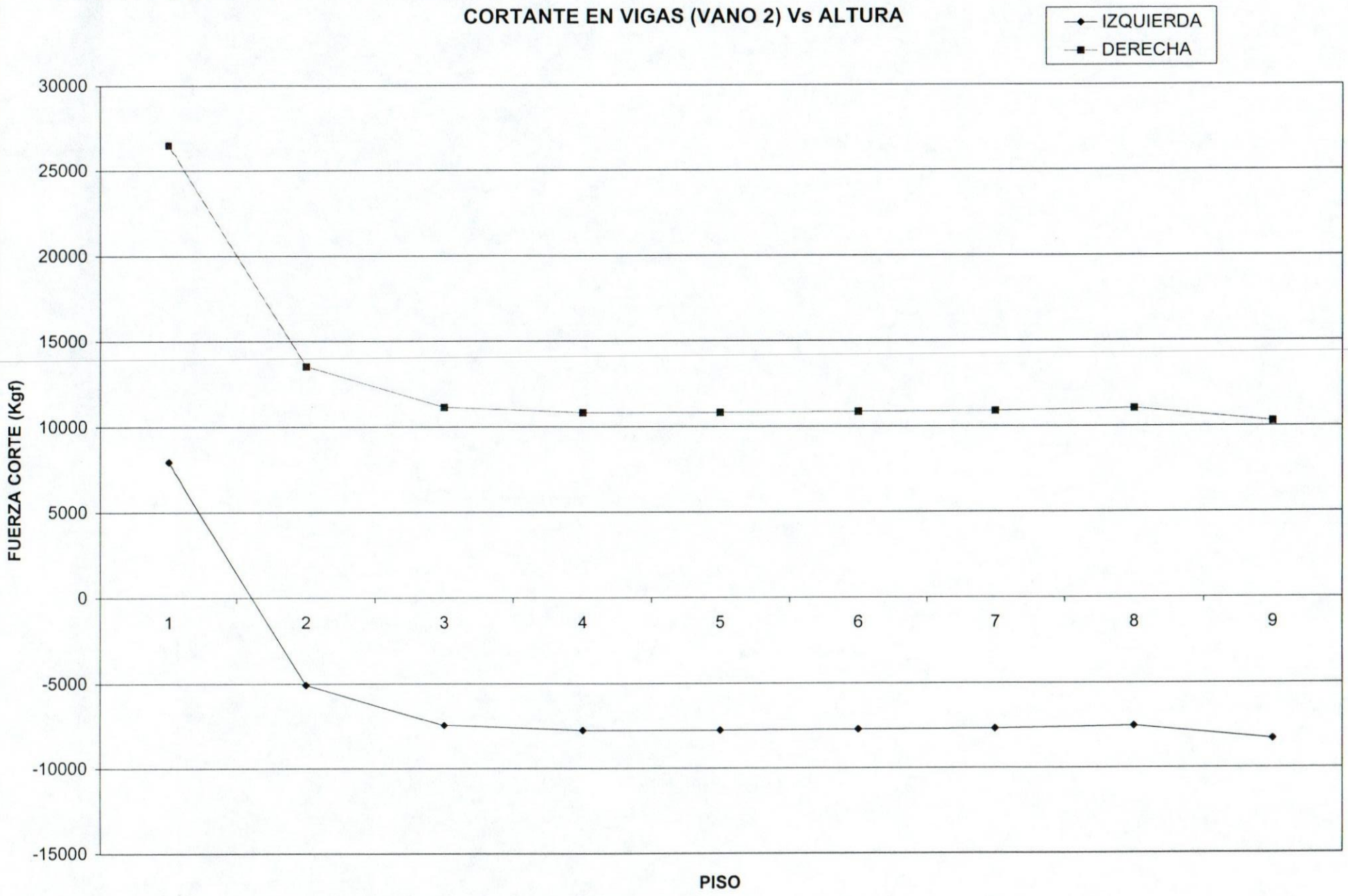
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



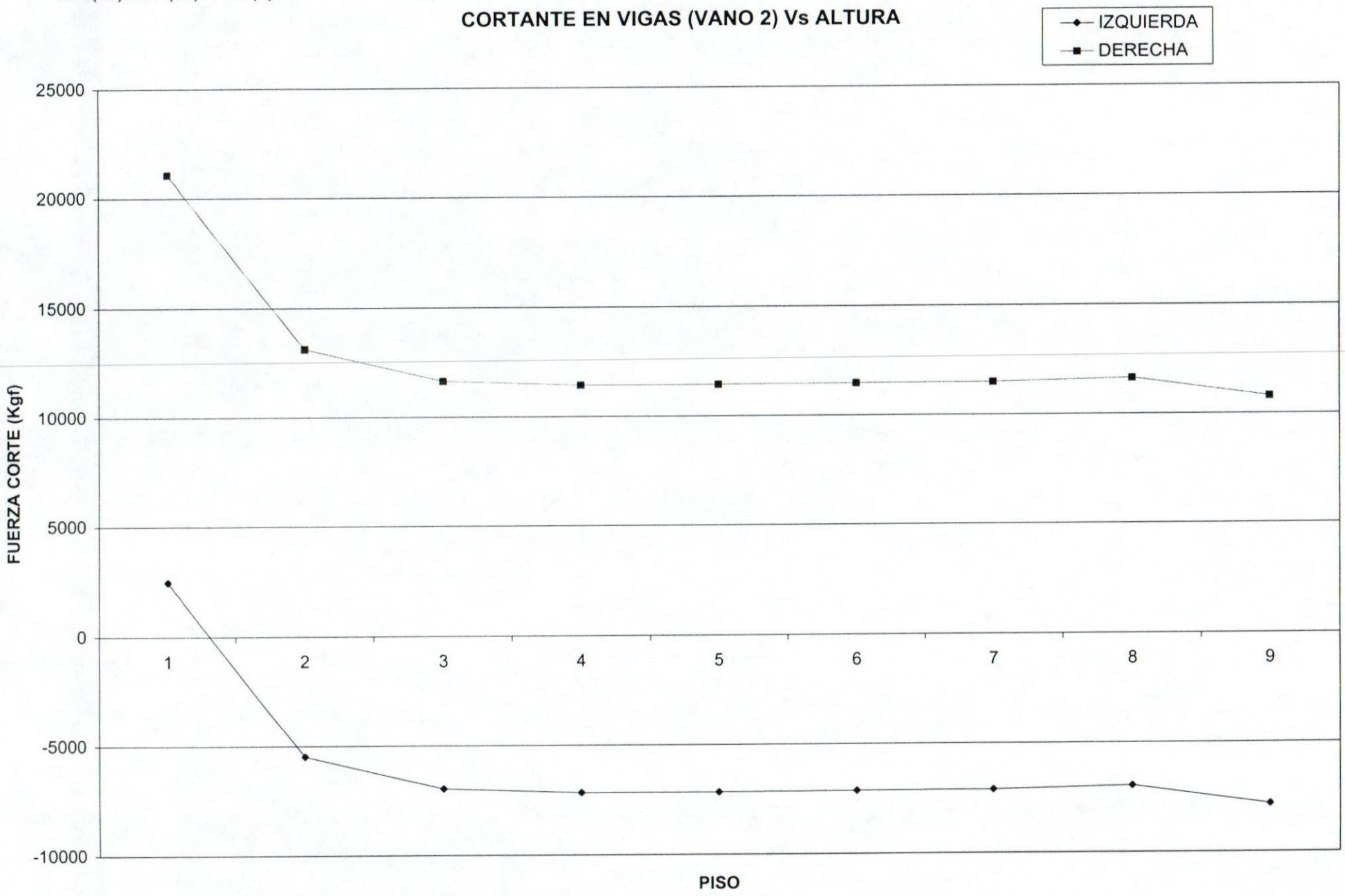
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



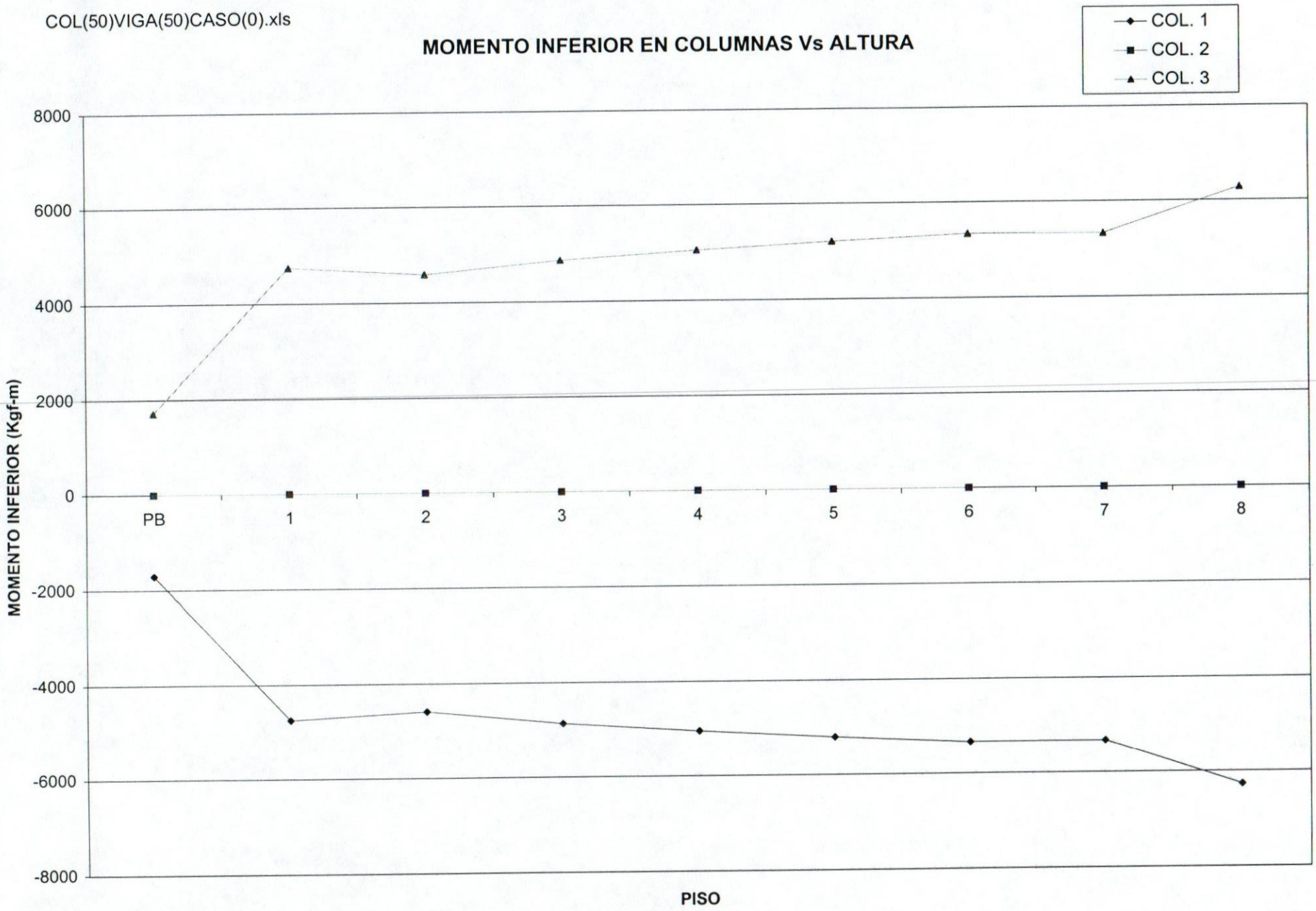
COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls



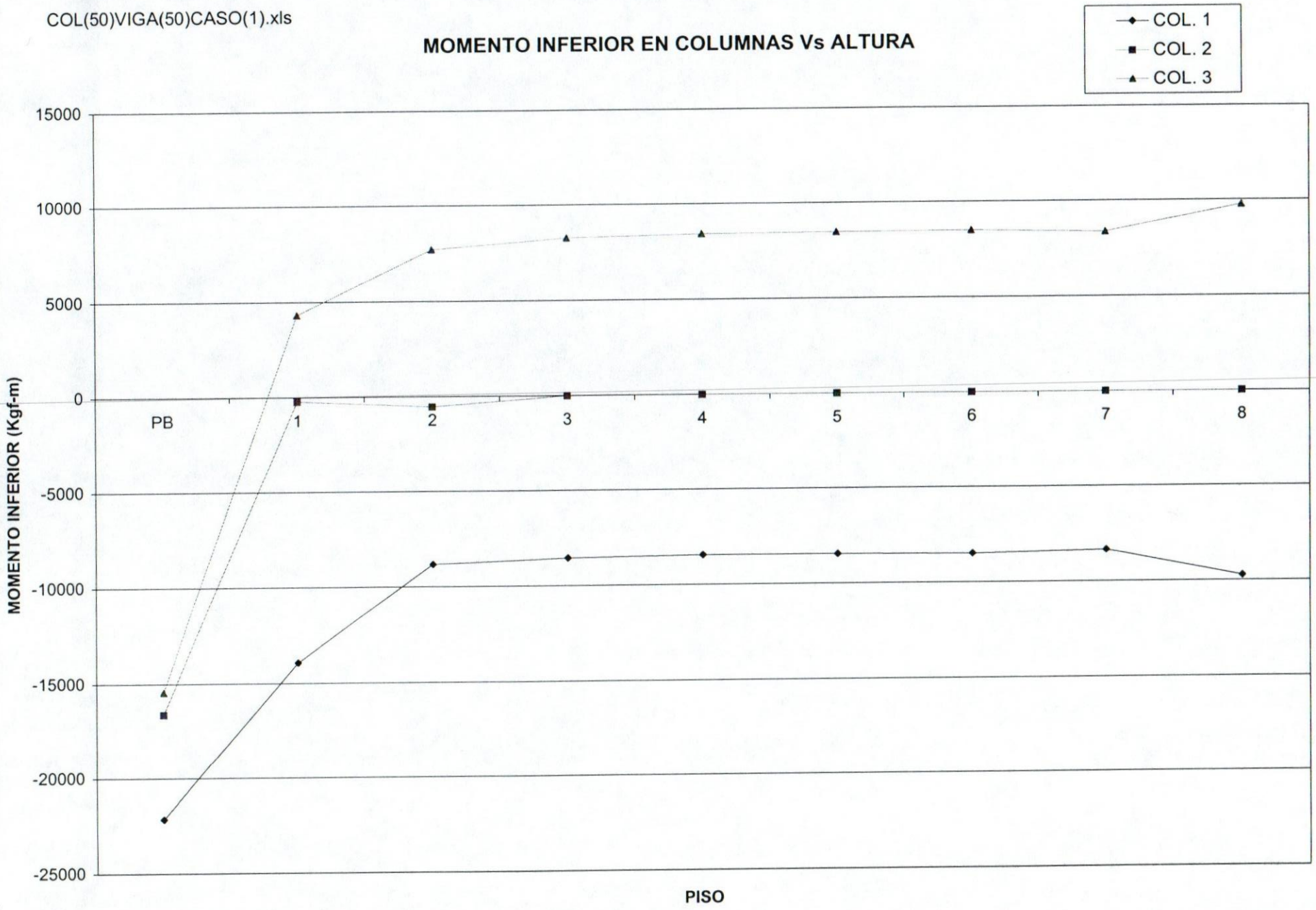
ANEXO 6

Momento inferior y superior en columnas vs. altura en pórticos con columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).

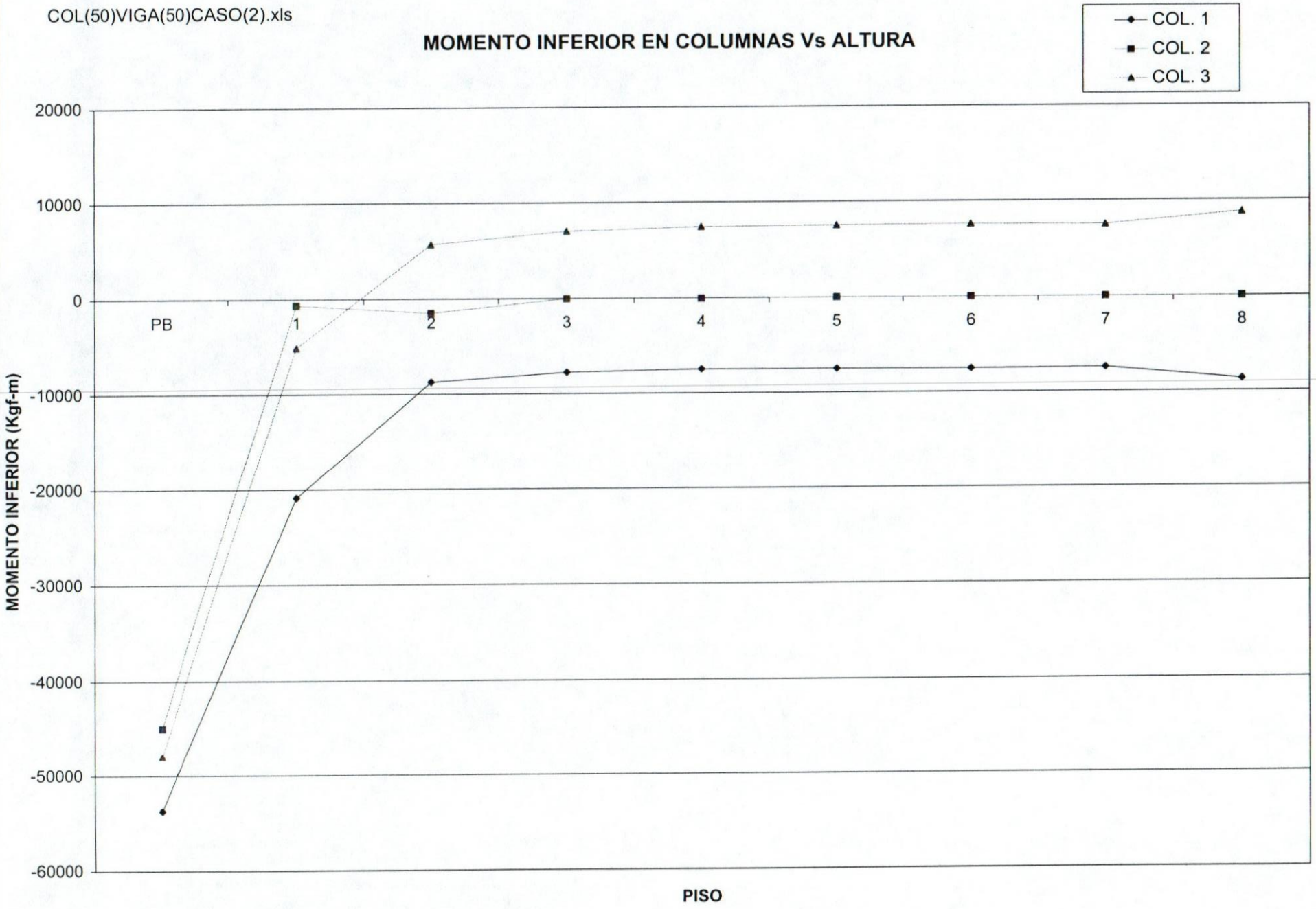
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



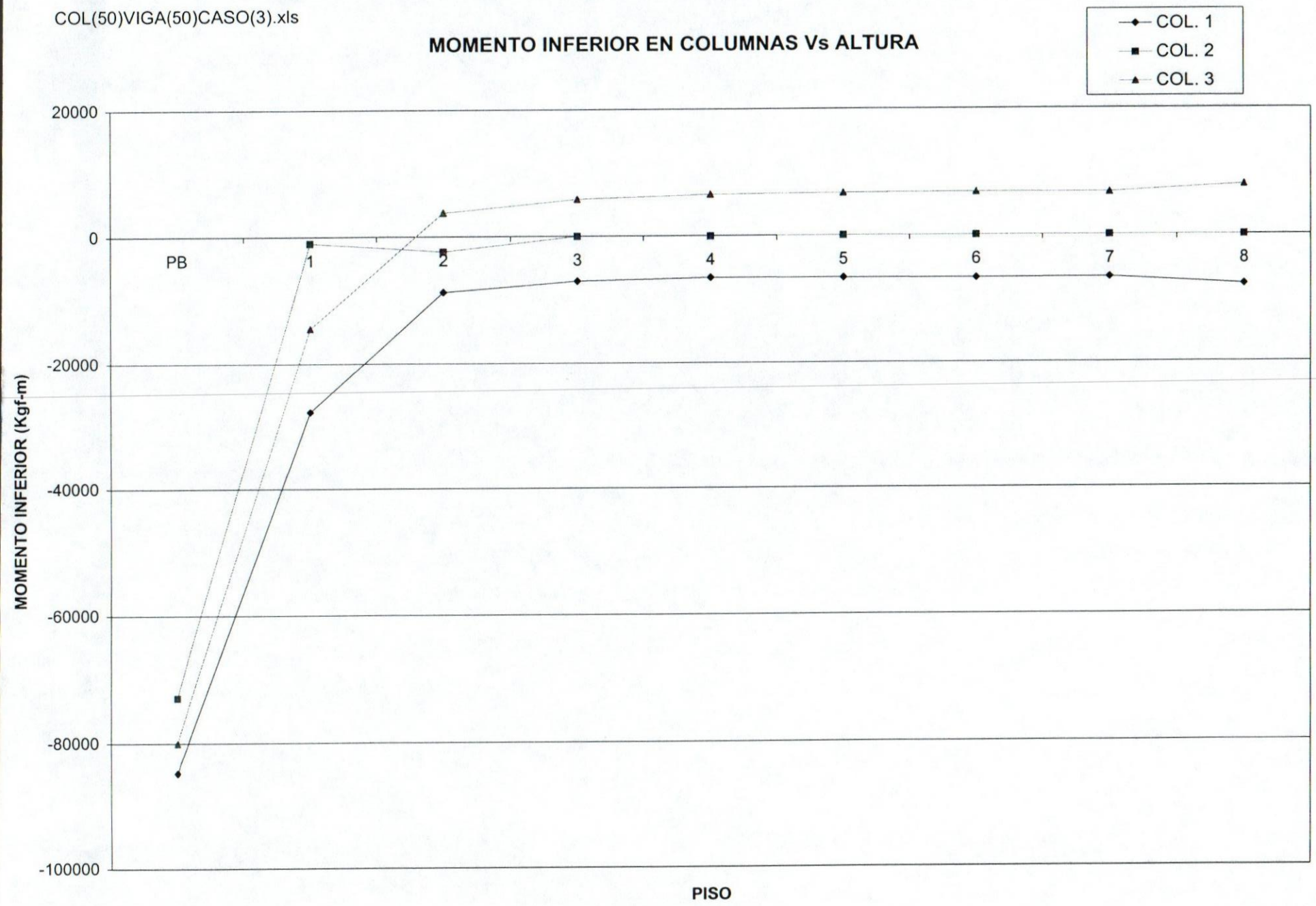
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



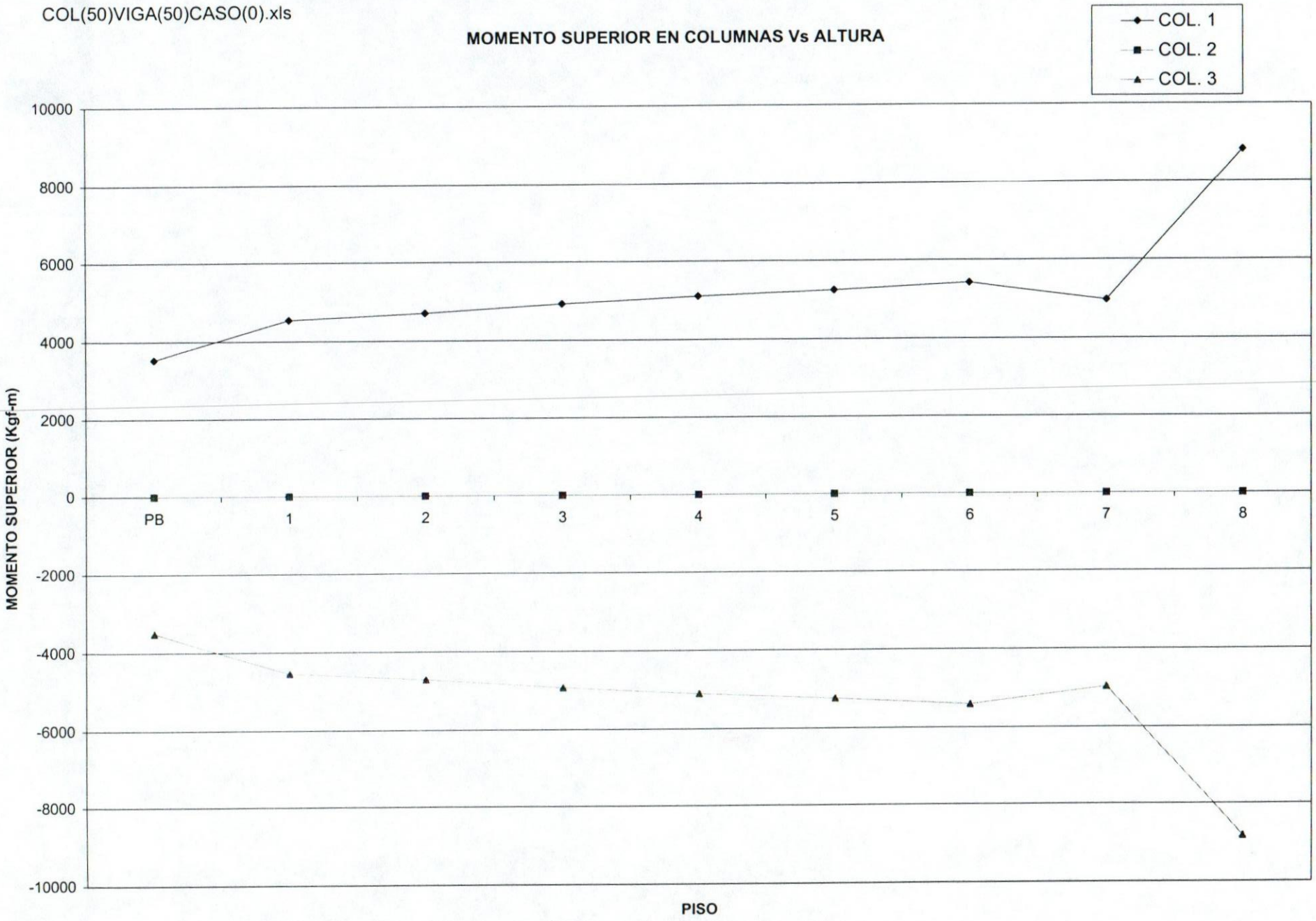
COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls



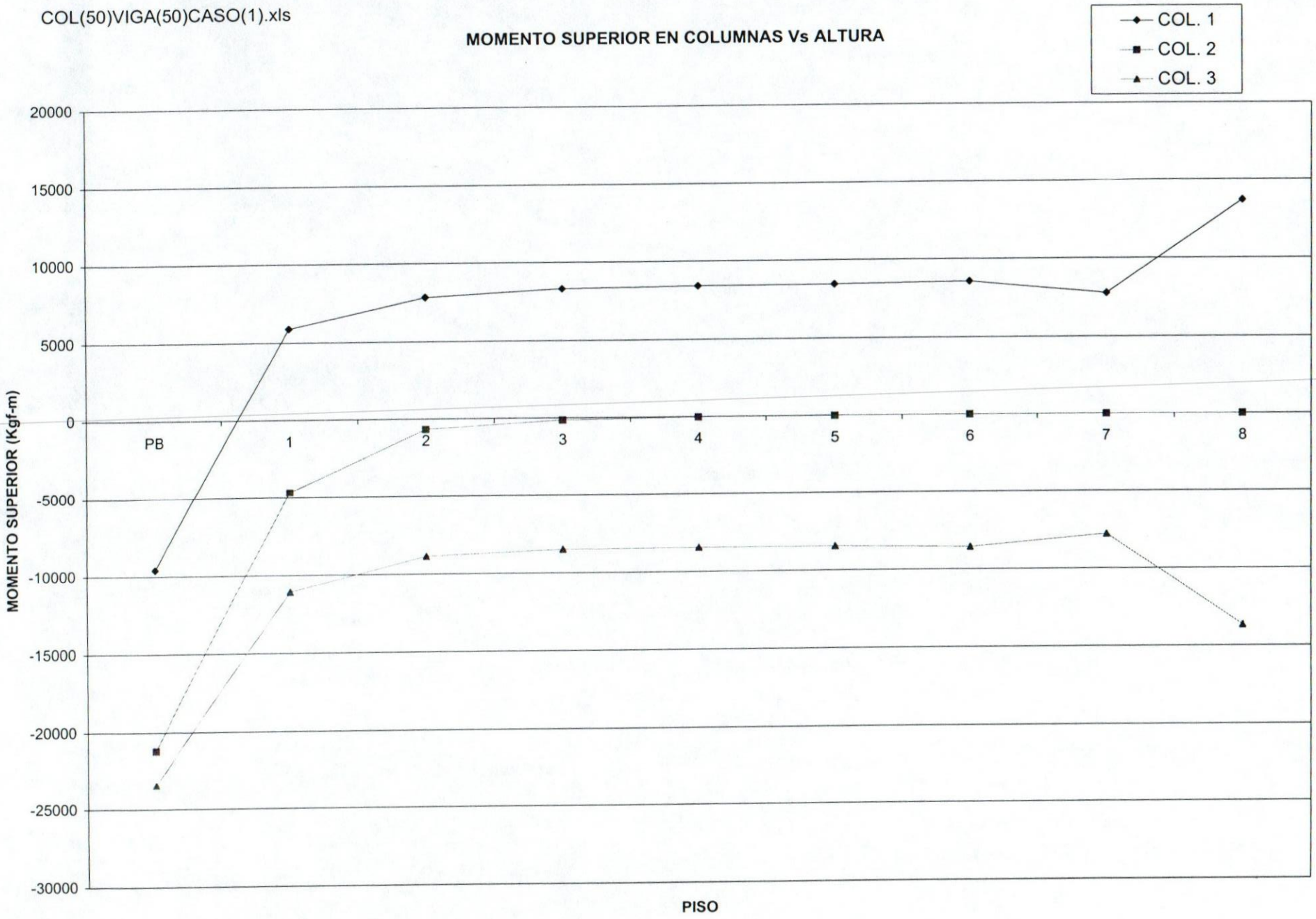
COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



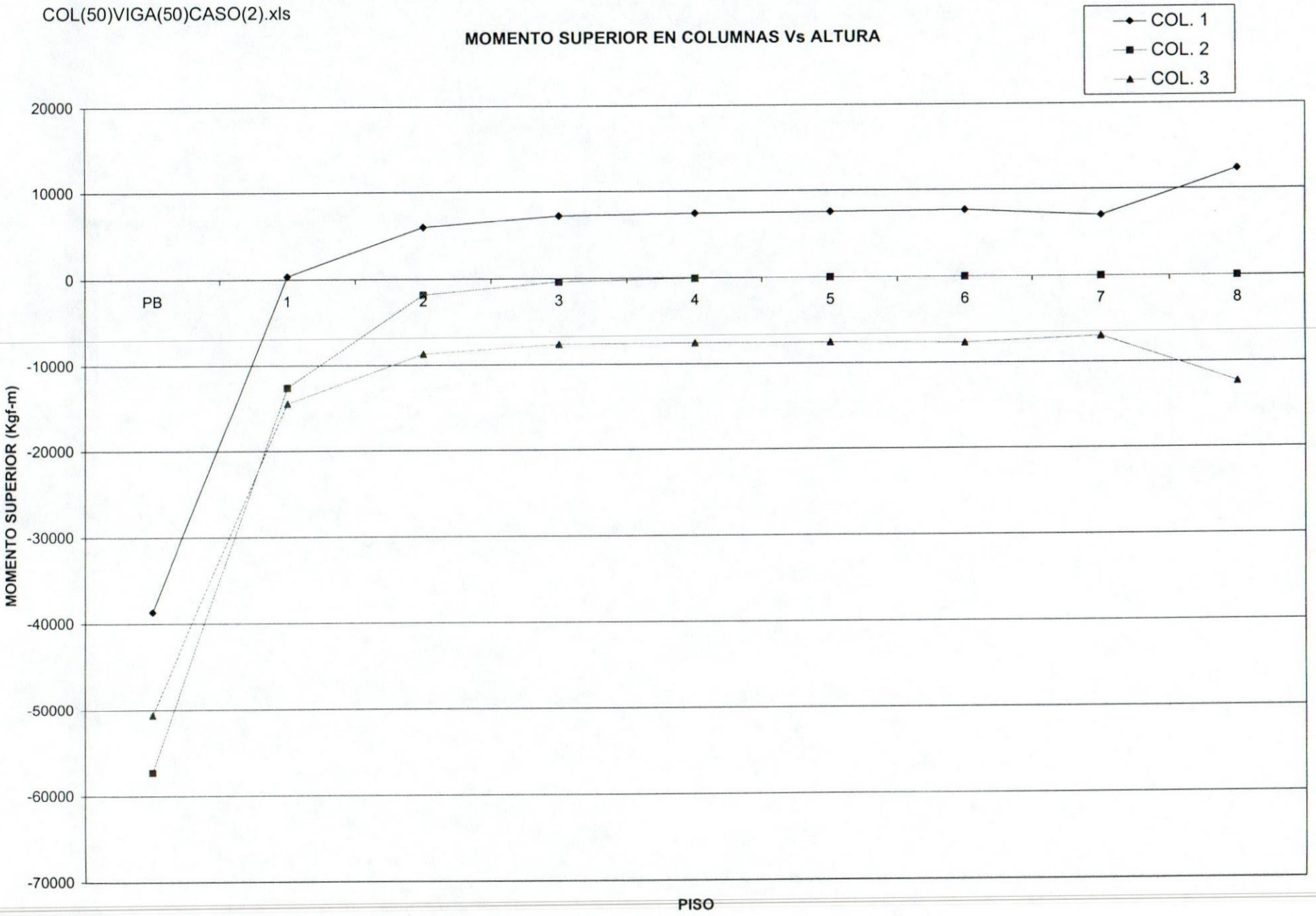
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



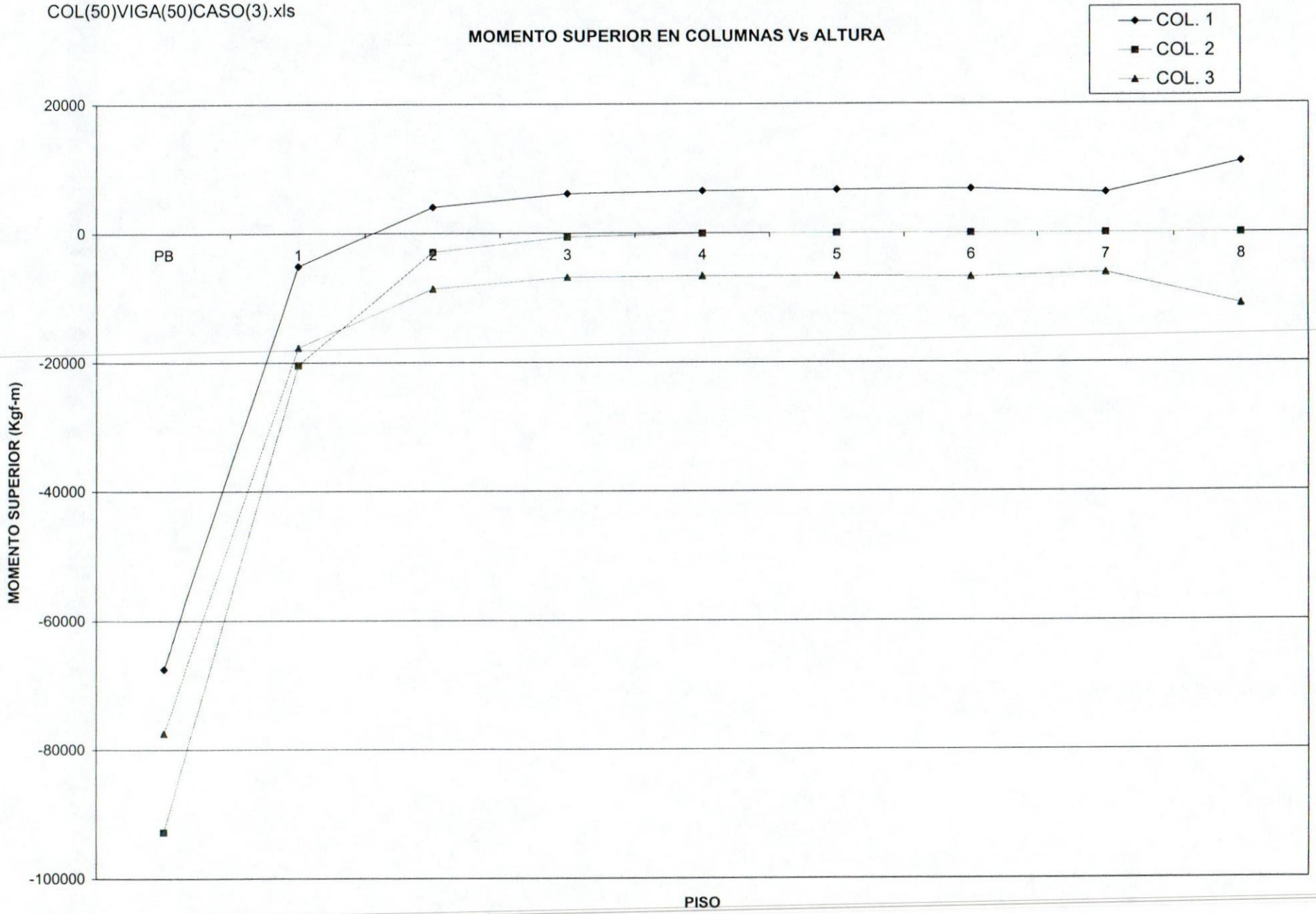
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(50)CASO(2).xls



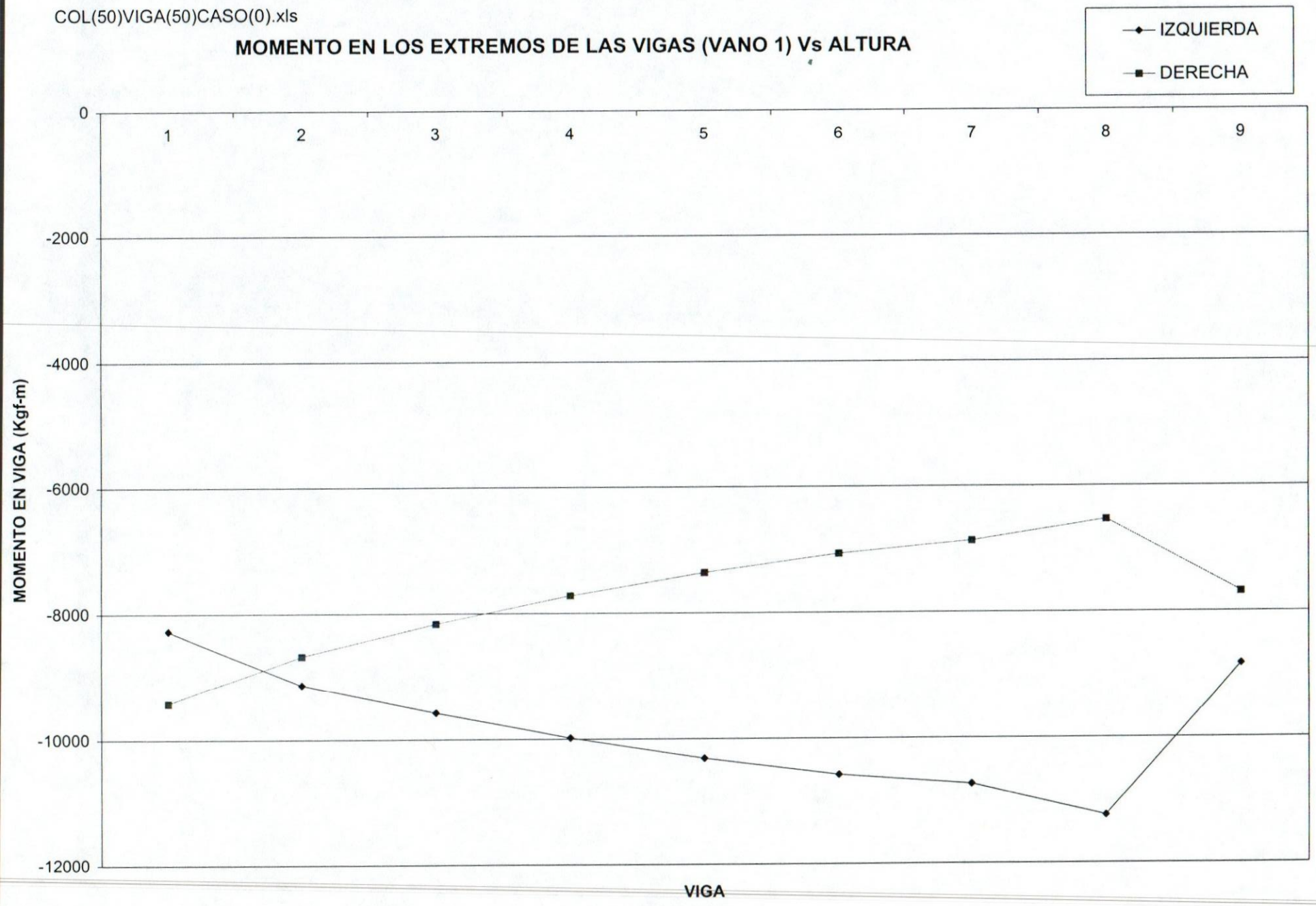
COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



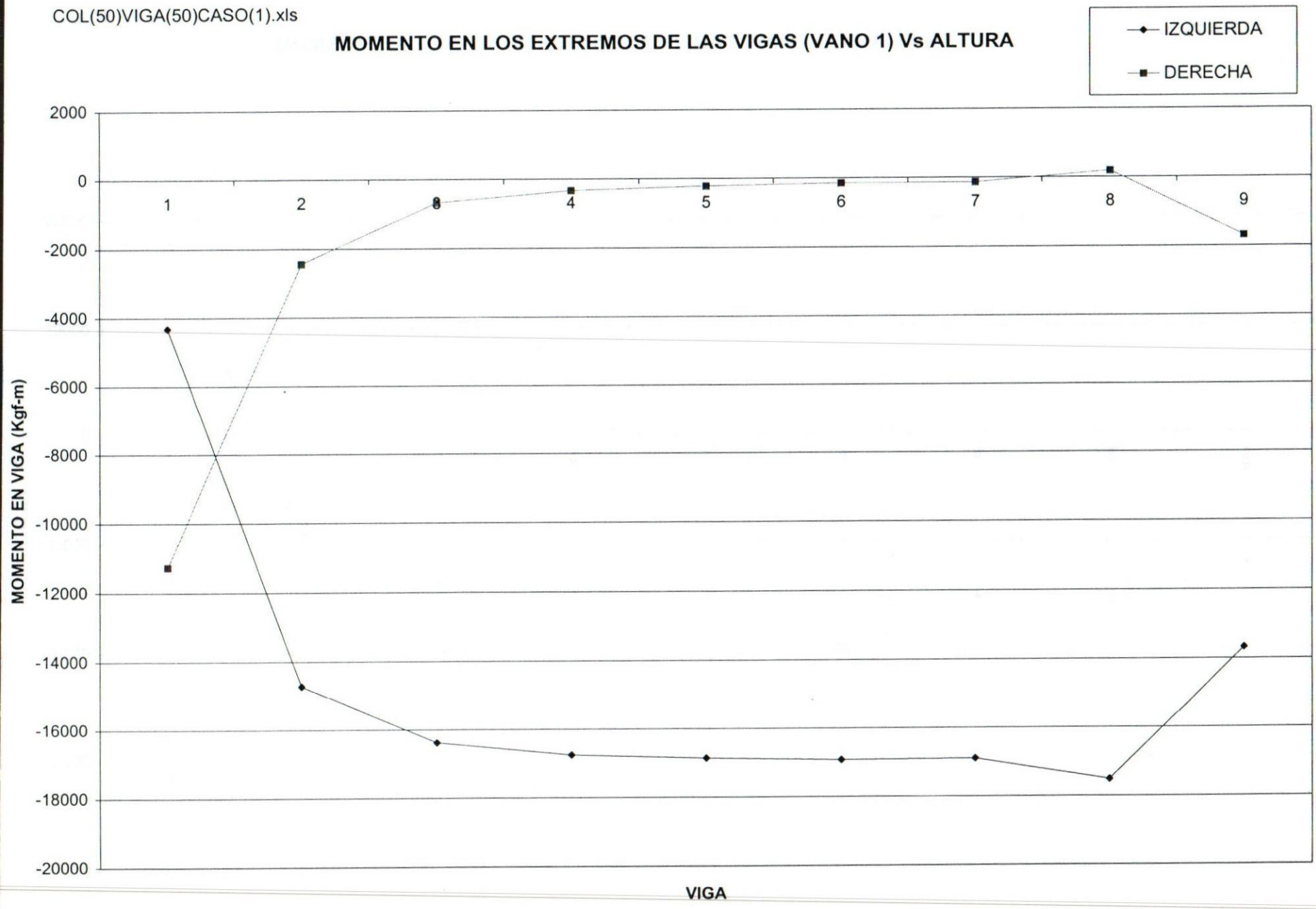
ANEXO 7

Momentos en los extremos de las vigas del vano 1 y 2 en pórticos con columnas y vigas iguales (50x50) y diferentes rigideces relativas, caso (0,1,2,3).

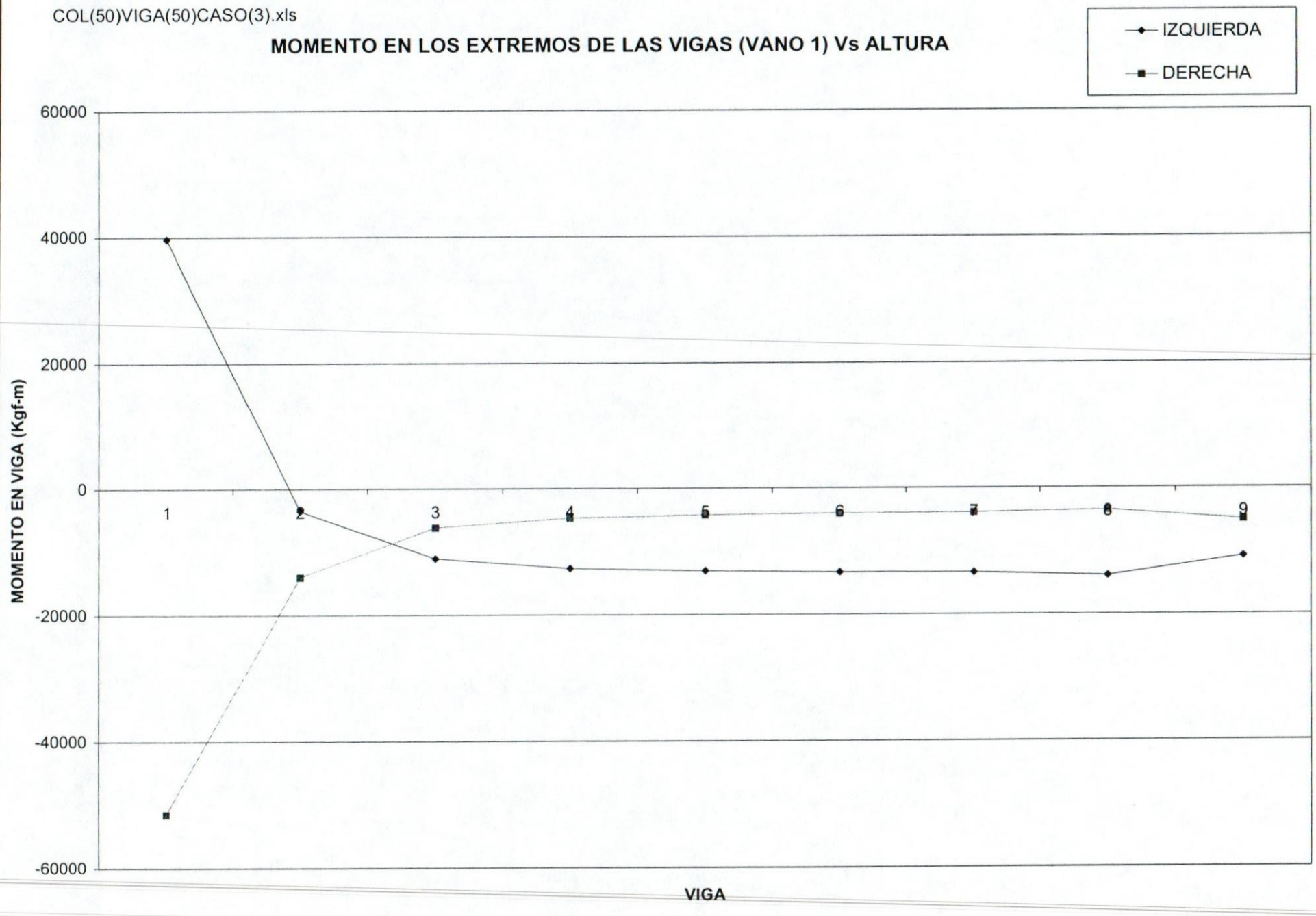
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



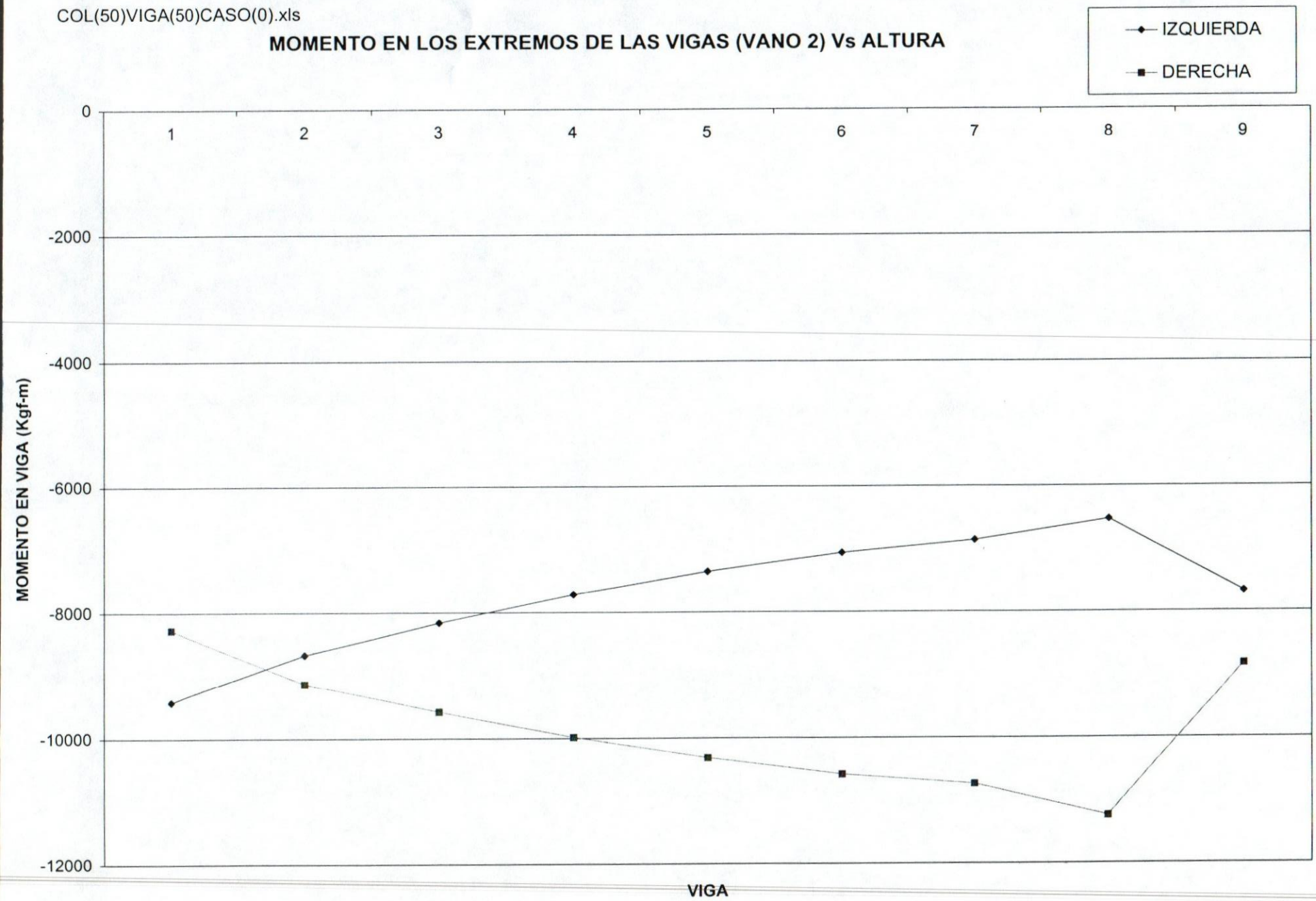
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



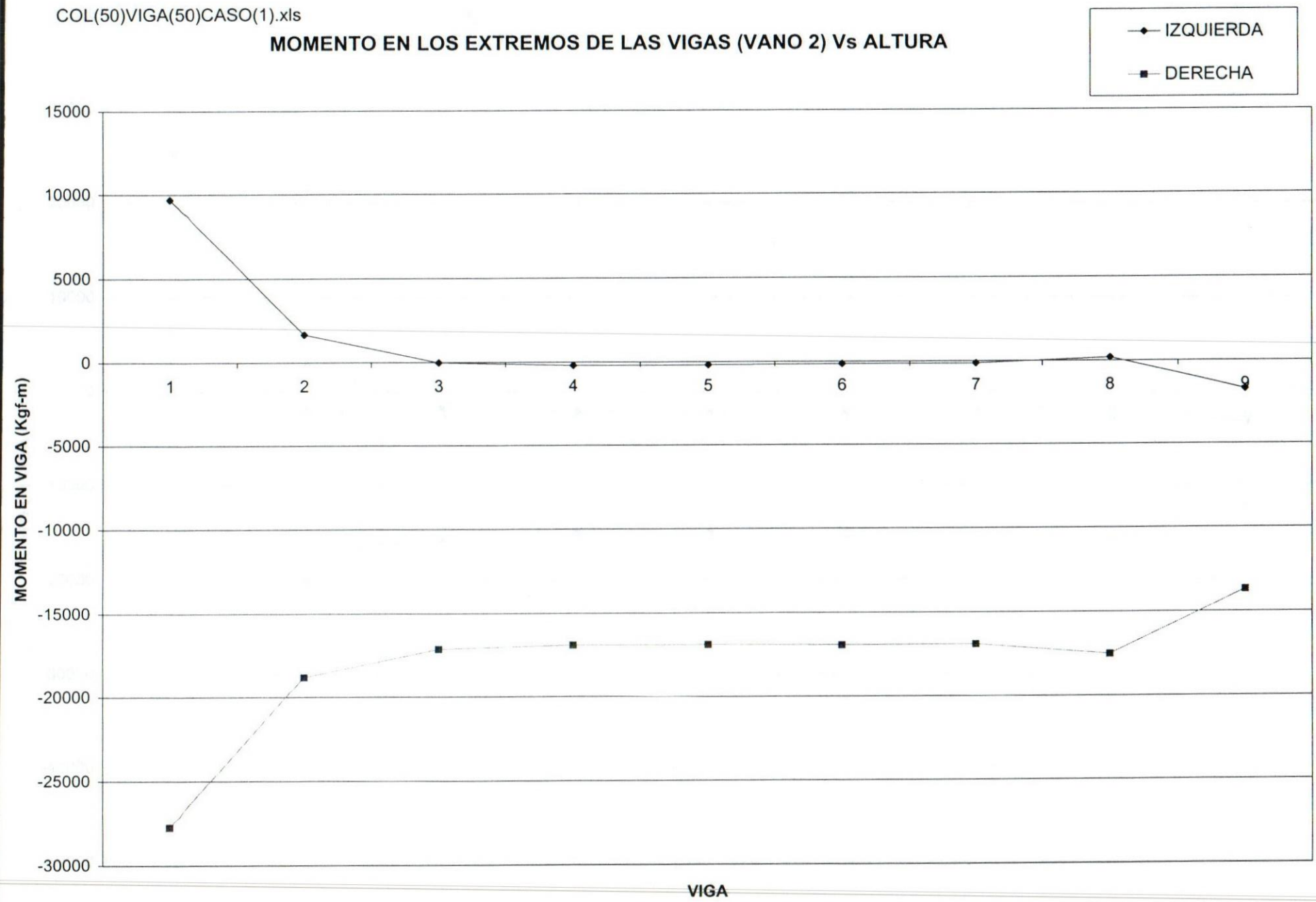
COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



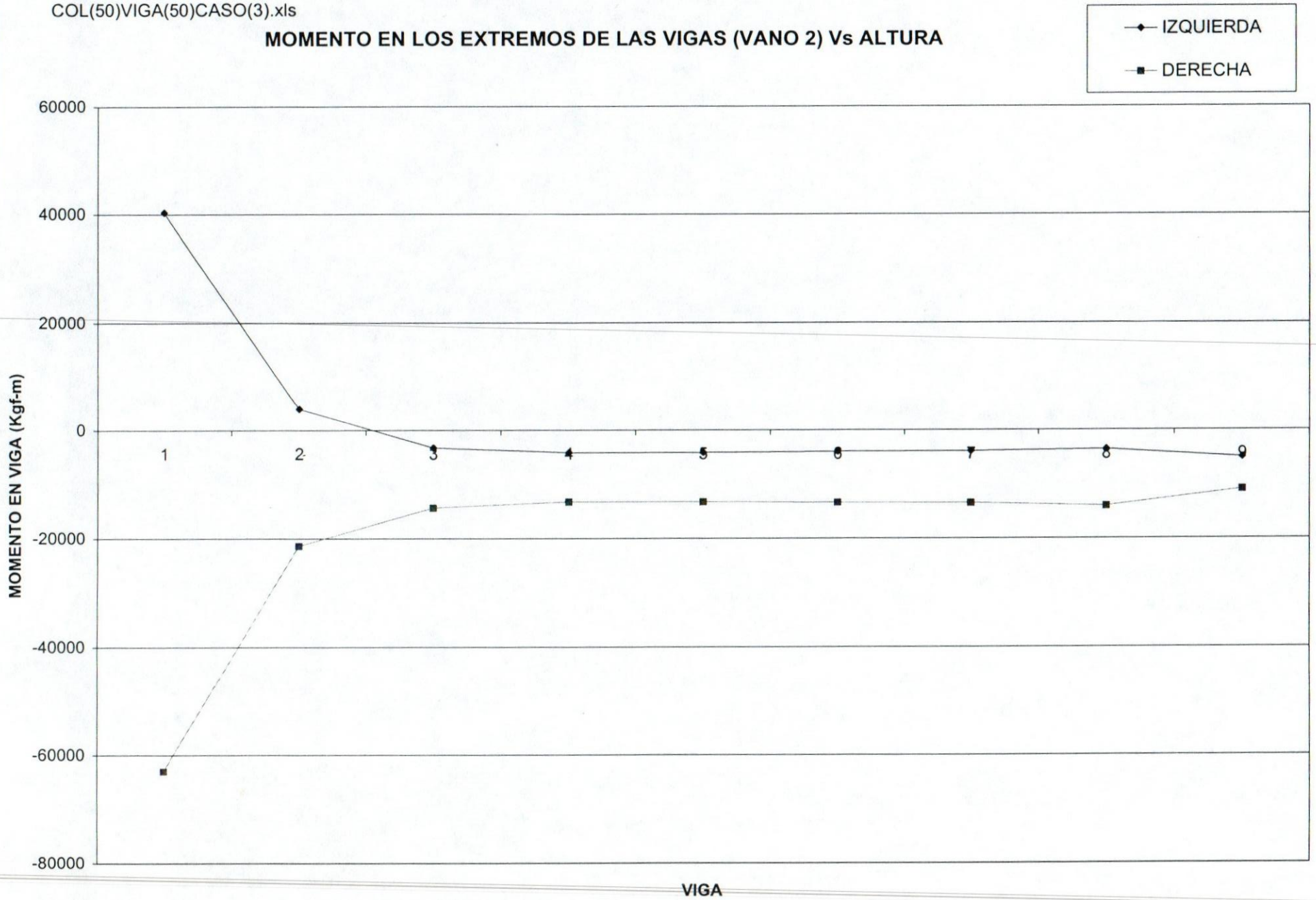
COL(50)VIGA(50)CASO(0).xls



COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(50)CASO(3).xls



ANEXO 8

Pórticos con columnas (50X50) y vigas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

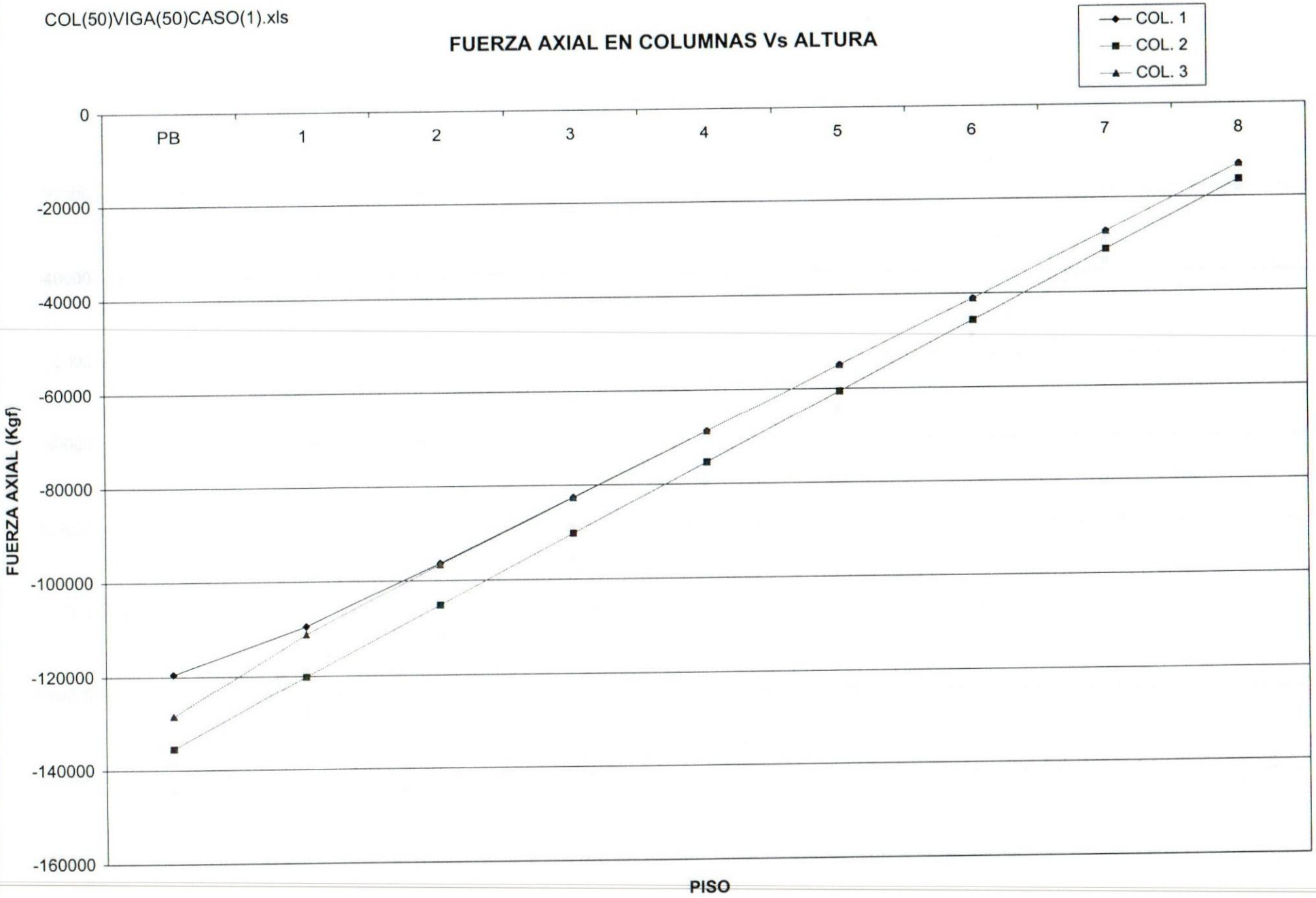
Contenido:

Anexo 8.1
Fuerza Axial en columnas vs. altura
Anexo 8.2
Fuerza Axial en los extremos de las vigas de los vanos 1y 2 vs. altura
Anexo 8.3
Fuerza de corte en columnas vs. altura
Anexo 8.4
Fuerza en vigas vanos 1 y 2 vs. altura
Anexo 8.5
Momento inferior y superior en columnas vs. altura
Anexo 8.6
Momento en los extremos de vigas de los vanos 1 y 2 vs. altura

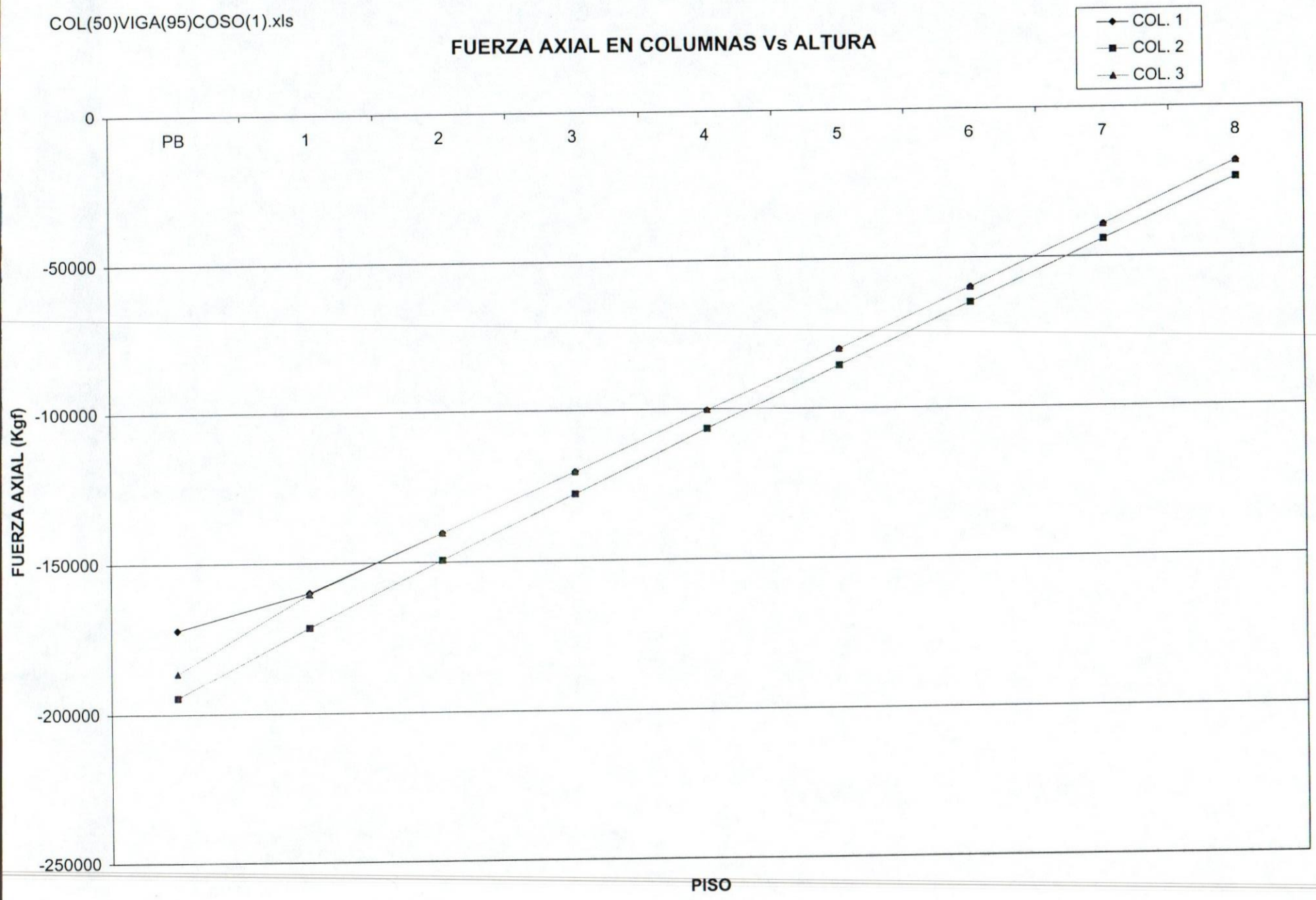
Anexo 8.1

Fuerza axial en columnas vs. altura en pórticos con columnas (50X50) y vigas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

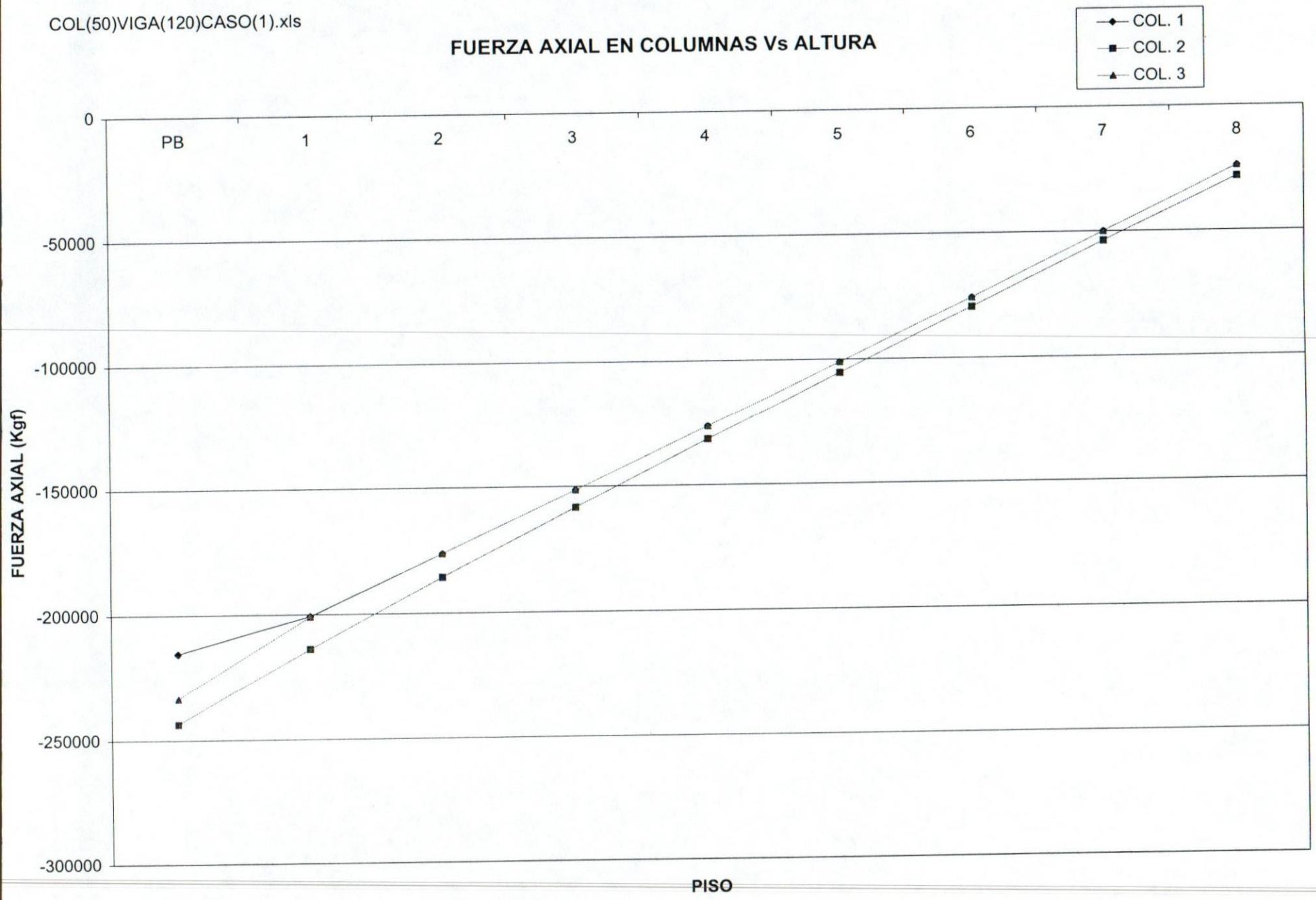
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(95)COSO(1).xls



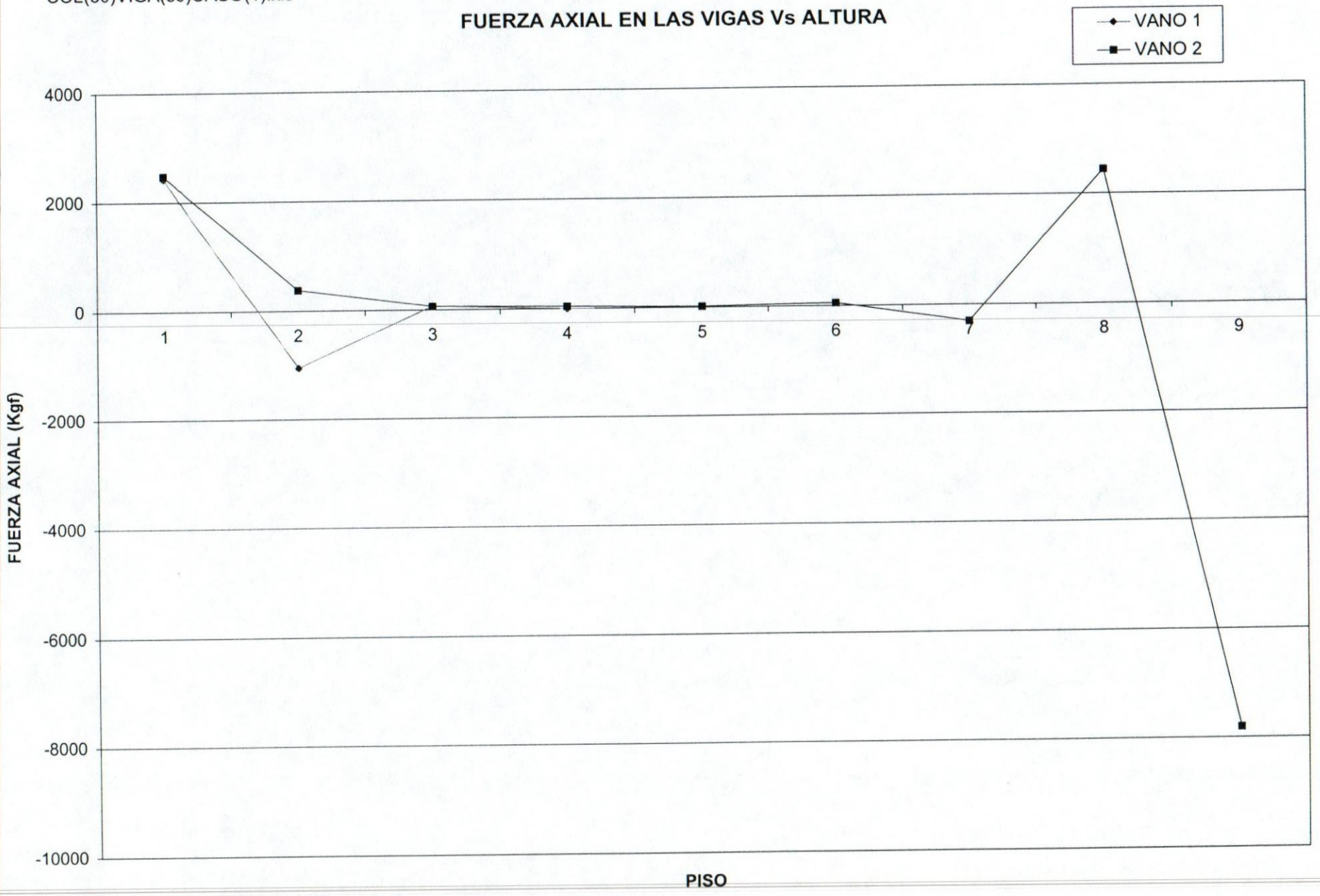
COL(50)VIGA(120)CASO(1).xls



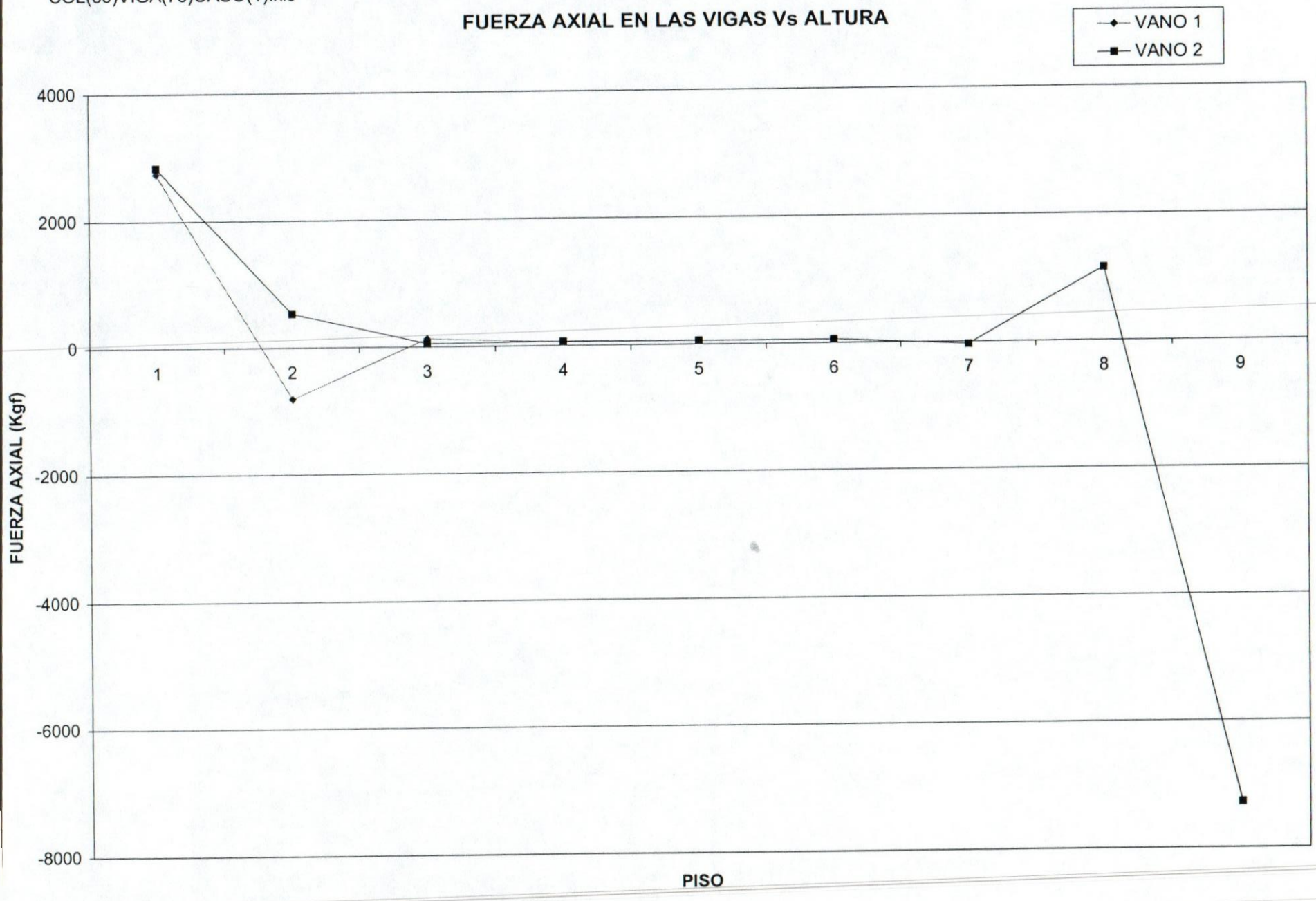
Anexo 8.2

Fuerza Axial en los extremos de las vigas de los vanos 1y 2 vs. altura en pórticos con columnas (50X50) y vigas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

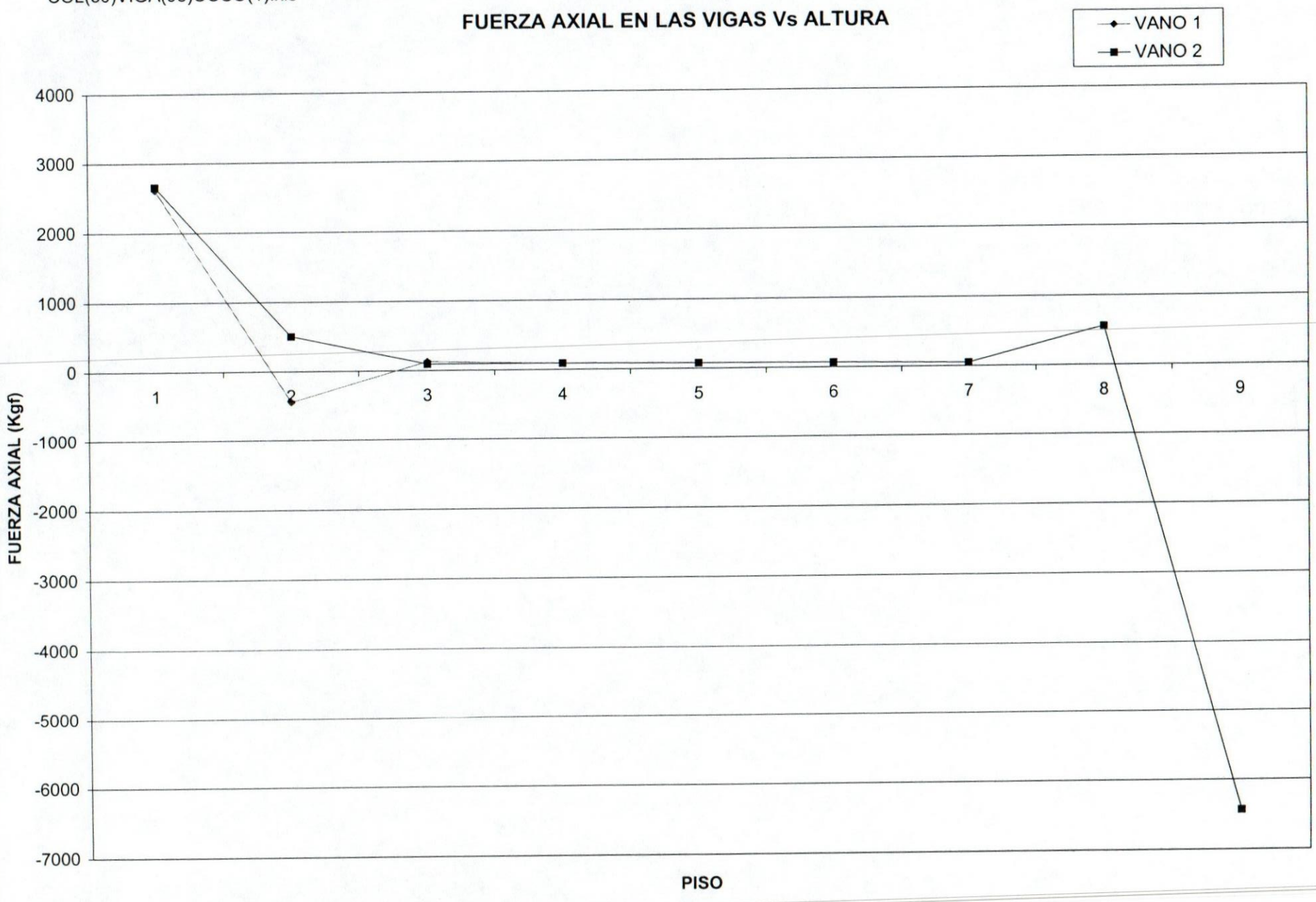
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



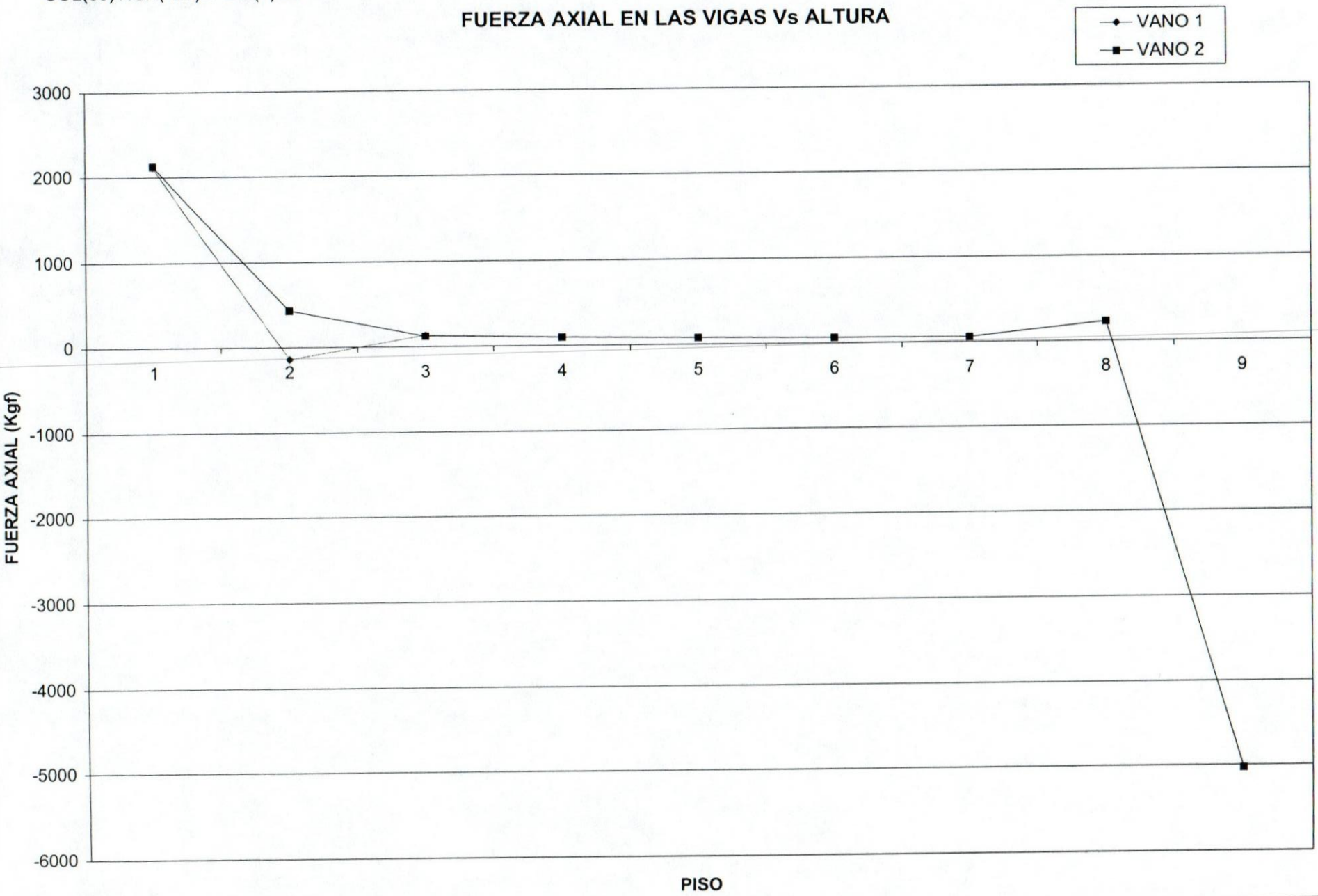
COL(50)VIGA(75)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(95)COSO(1).xls



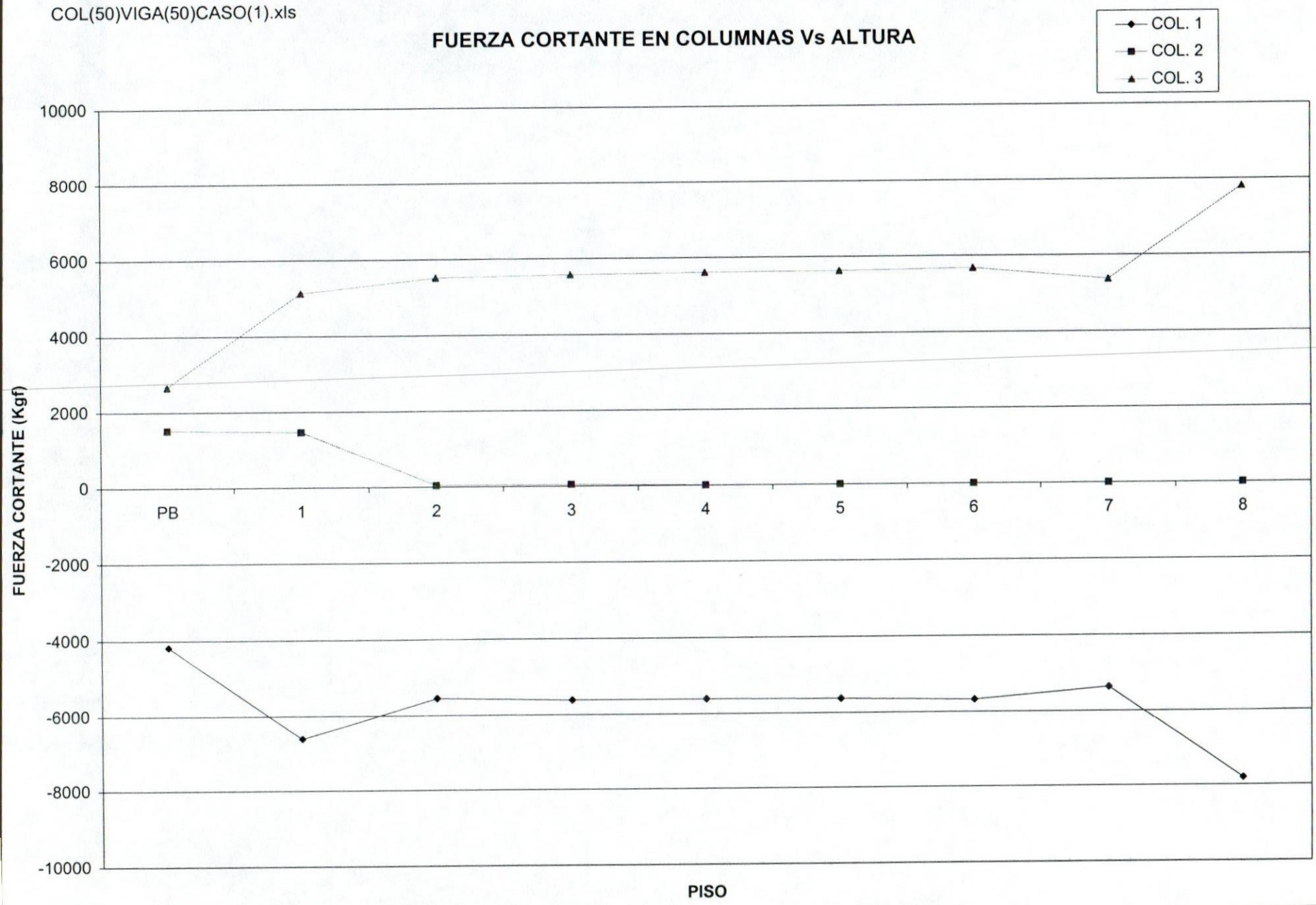
COL(50)VIGA(120)CASO(1).xls



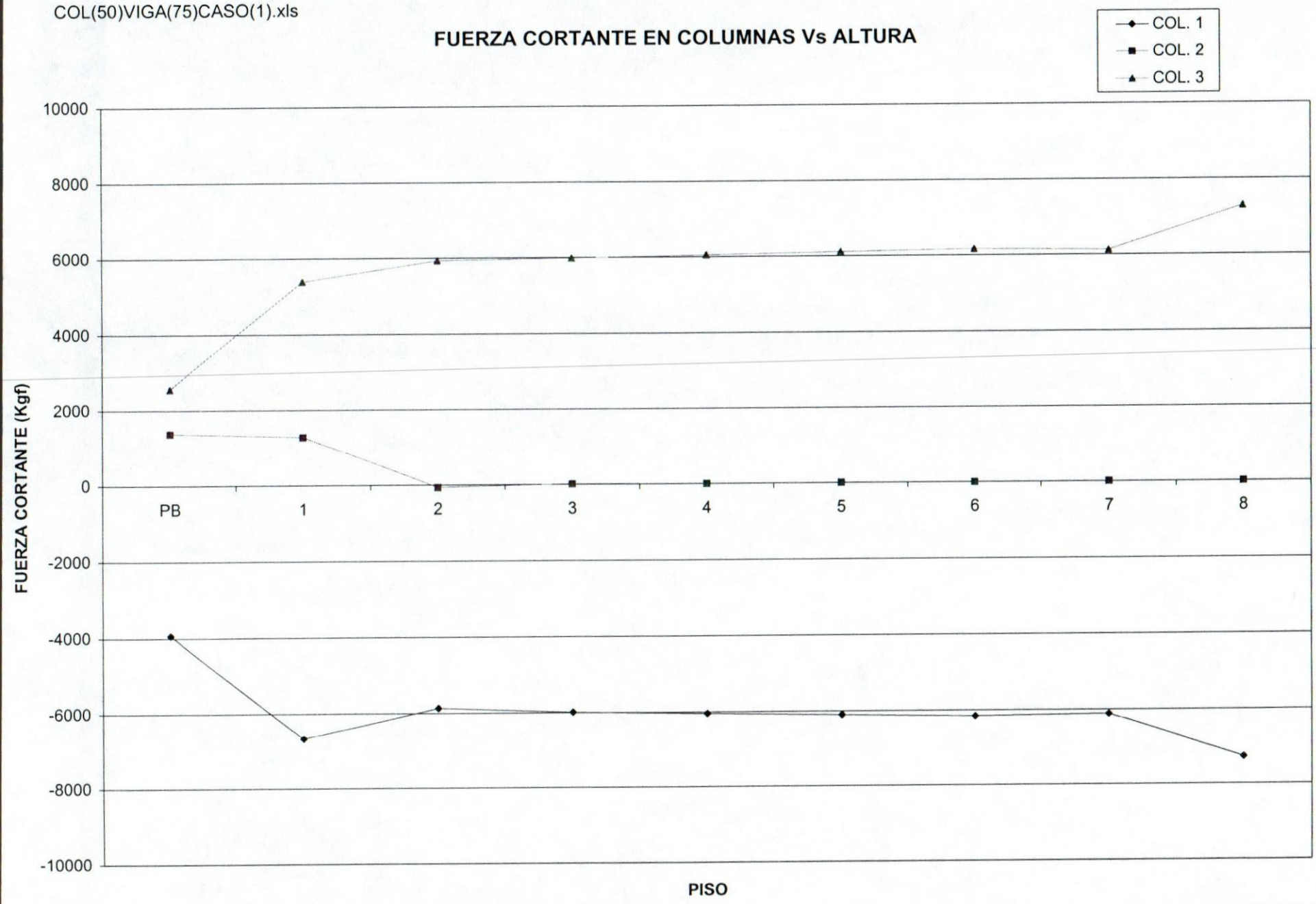
Anexo 8.3

Fuerza de corte en columnas vs. altura en pórticos con columnas (50X50) y vigas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

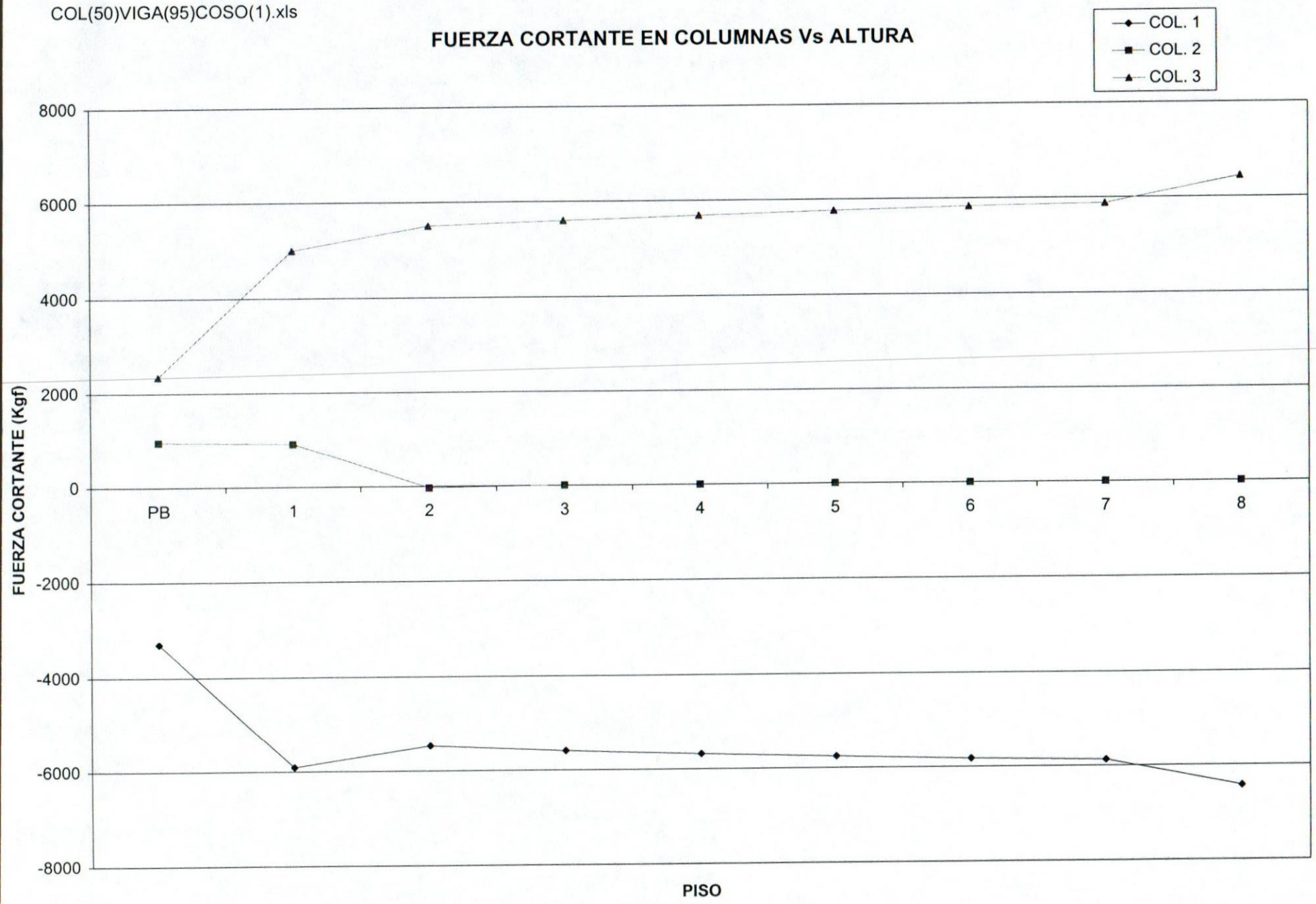
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



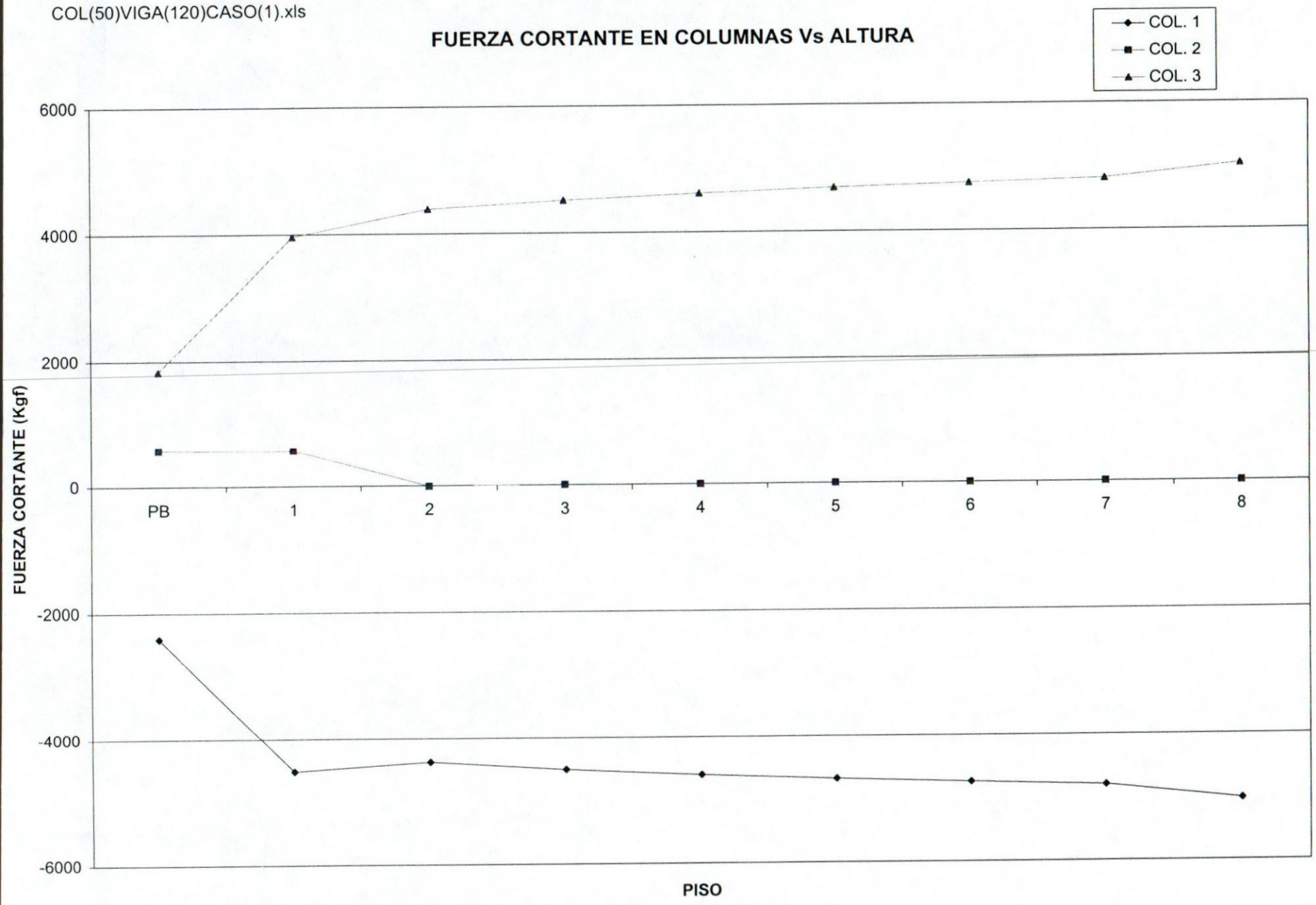
COL(50)VIGA(75)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(95)COSO(1).xls



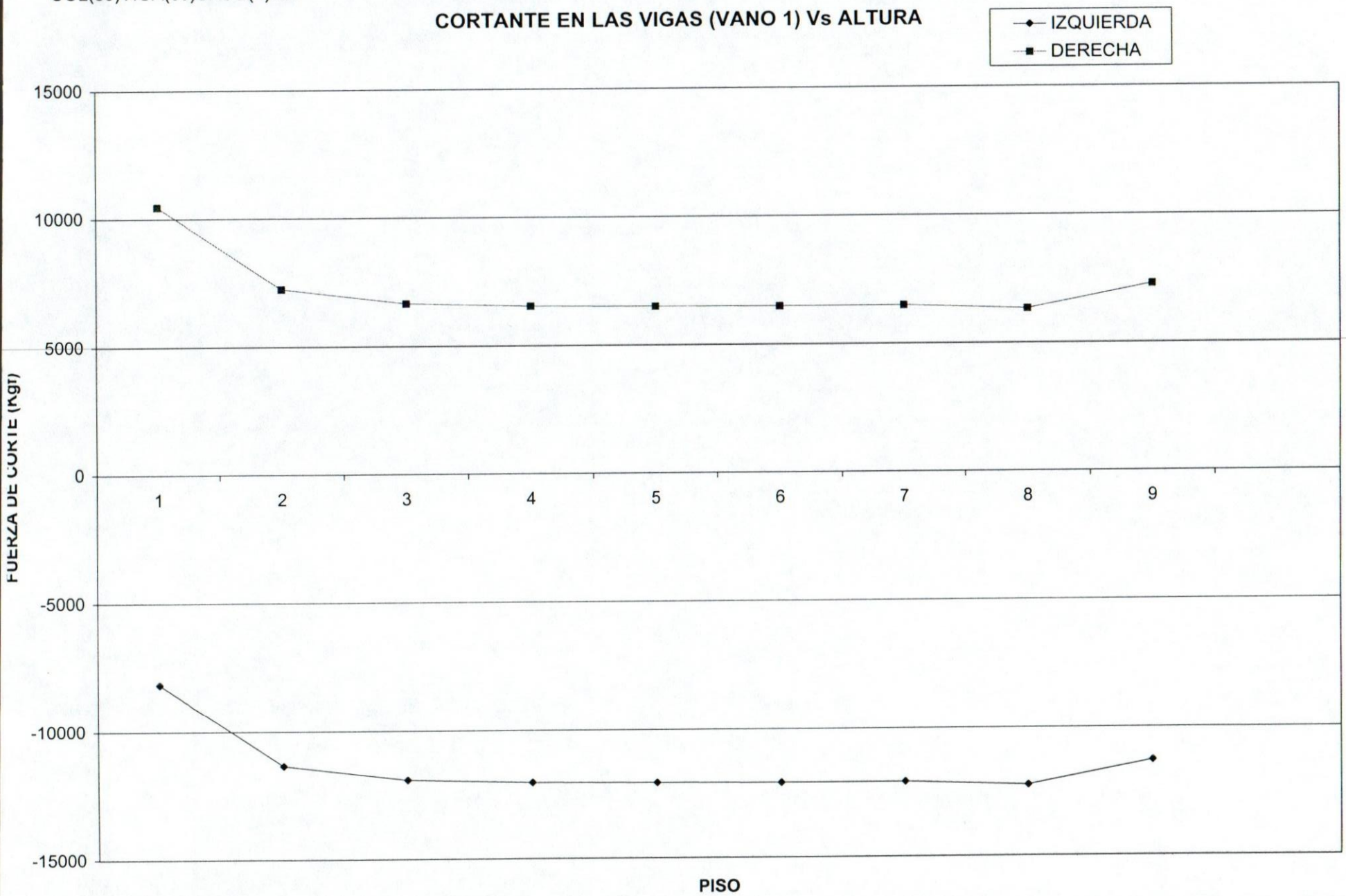
COL(50)VIGA(120)CASO(1).xls



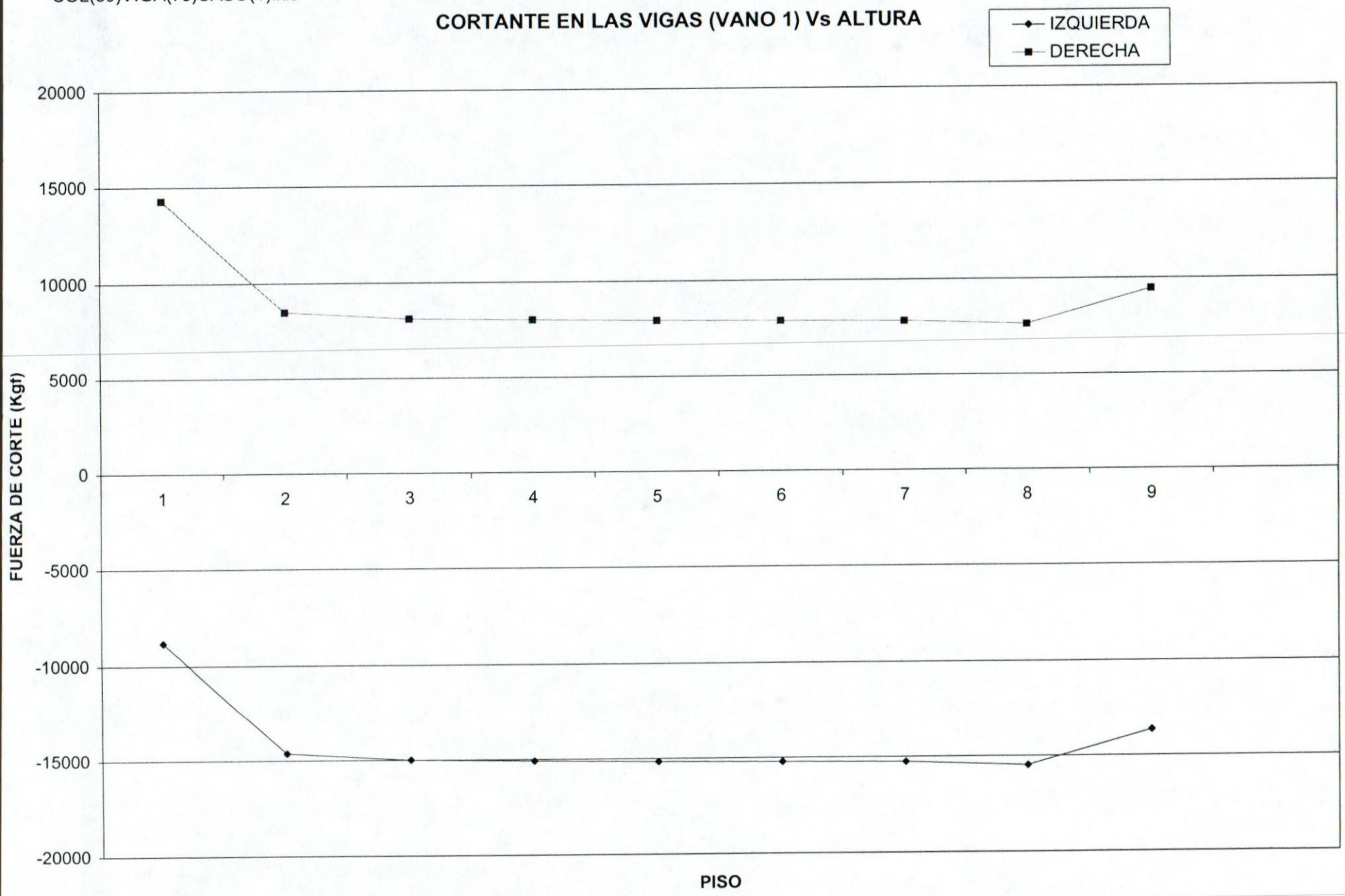
Anexo 8.4

Fuerza de corte en las vigas de los vanos 1 y 2 vs. altura en pórticos con columnas (50X50) y vigas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

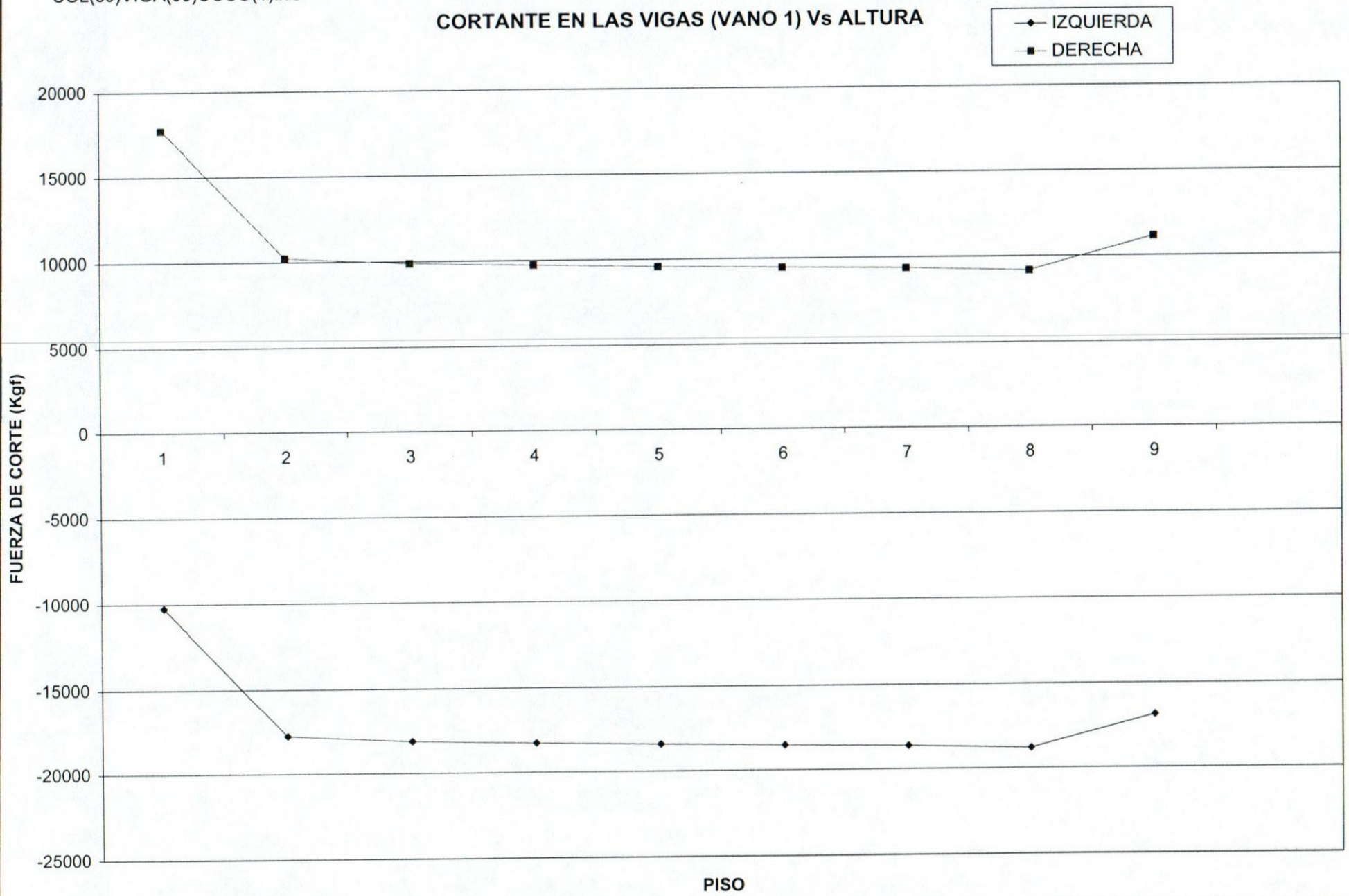
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



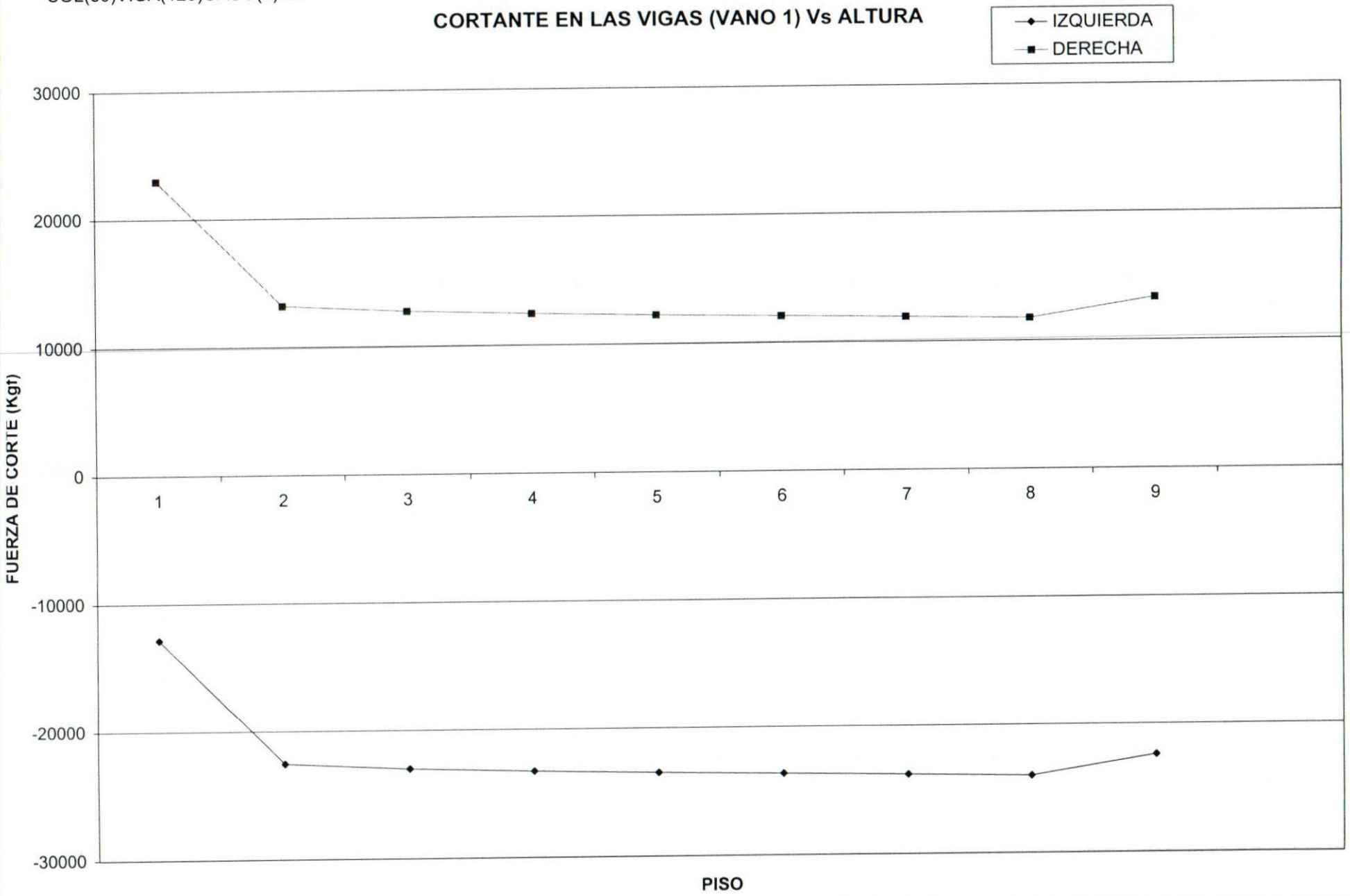
COL(50)VIGA(75)CASO(1).xls



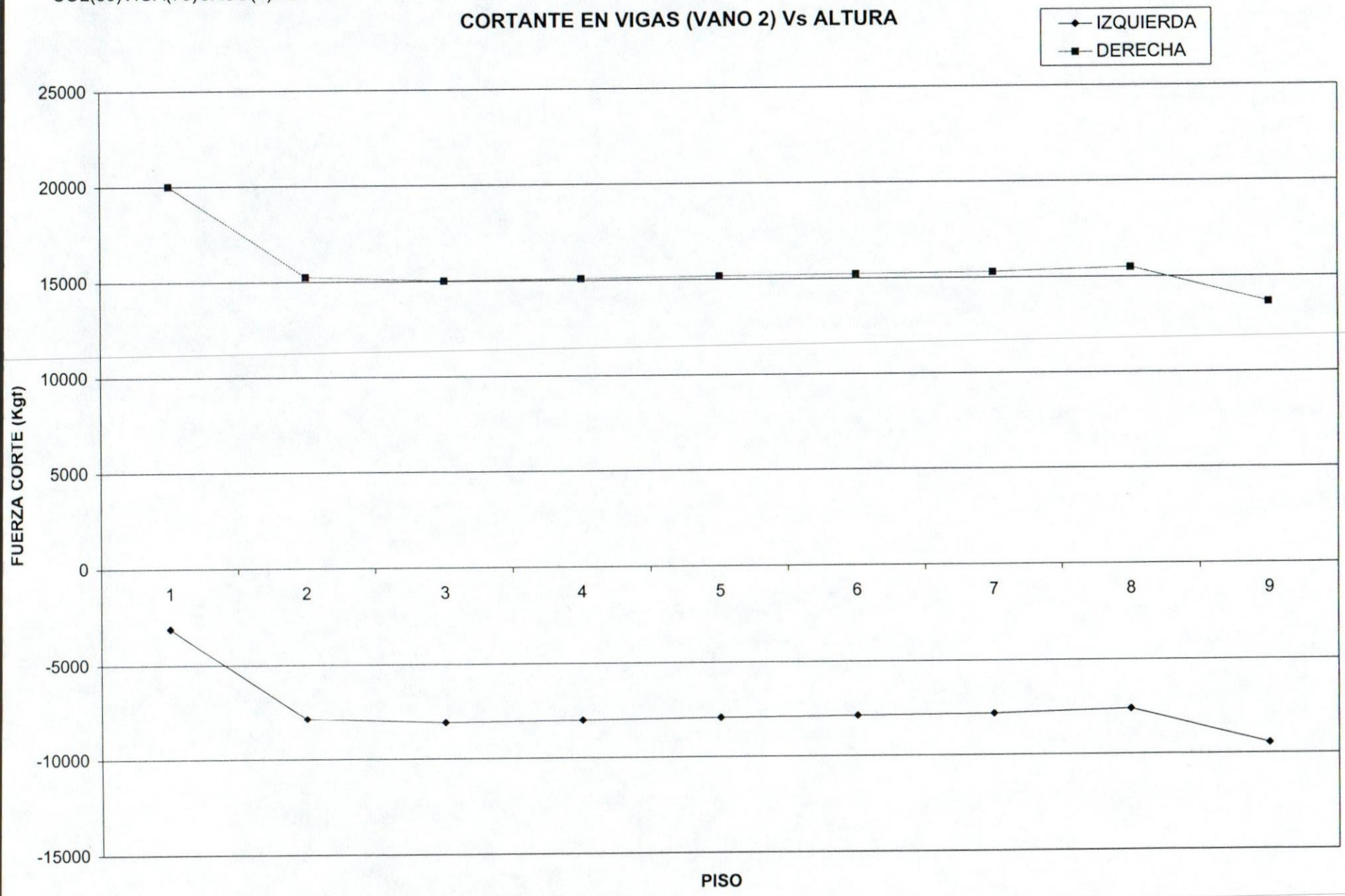
COL(50)VIGA(95)COSO(1).xls



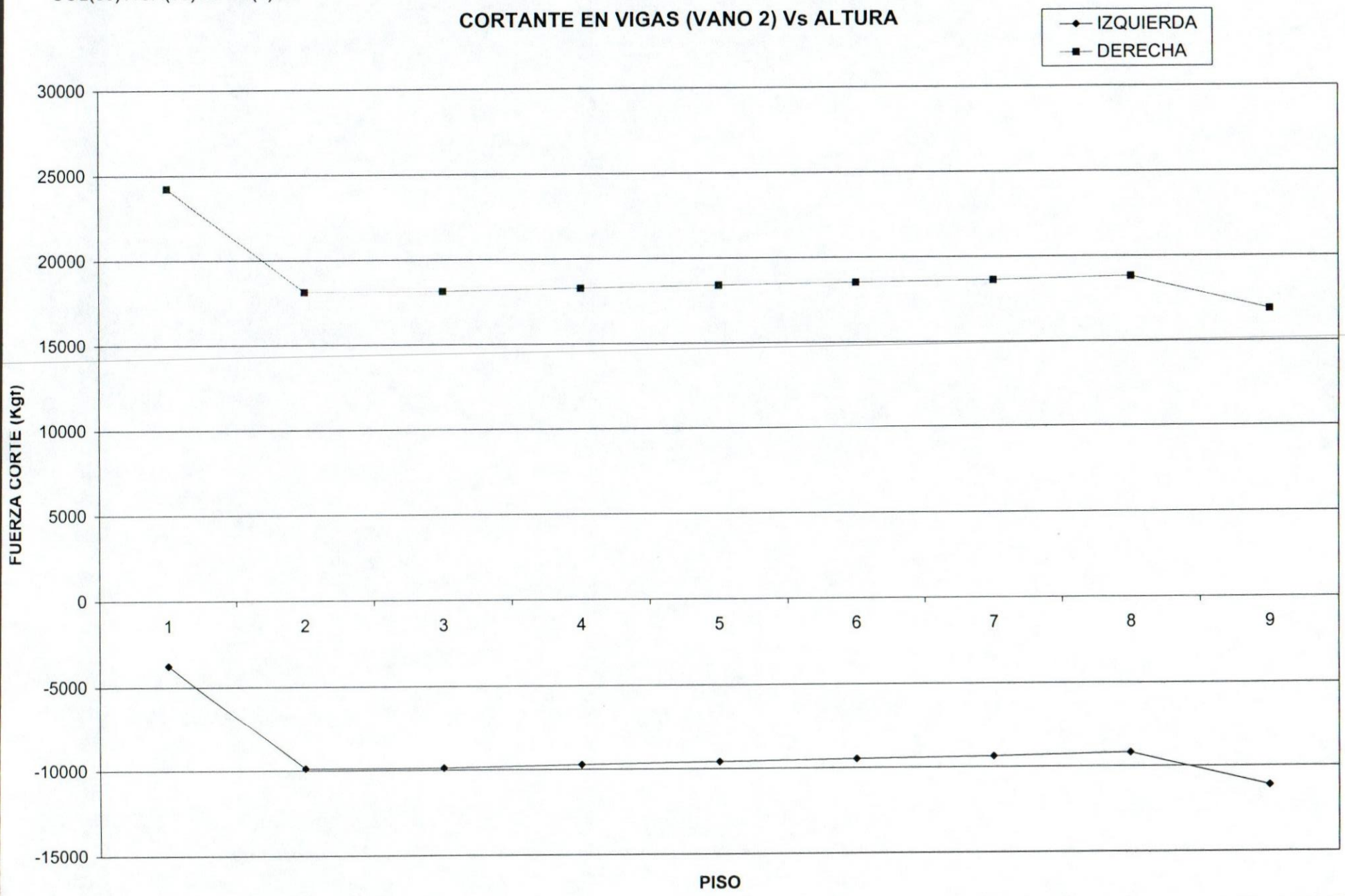
COL(50)VIGA(120)CASO(1).xls



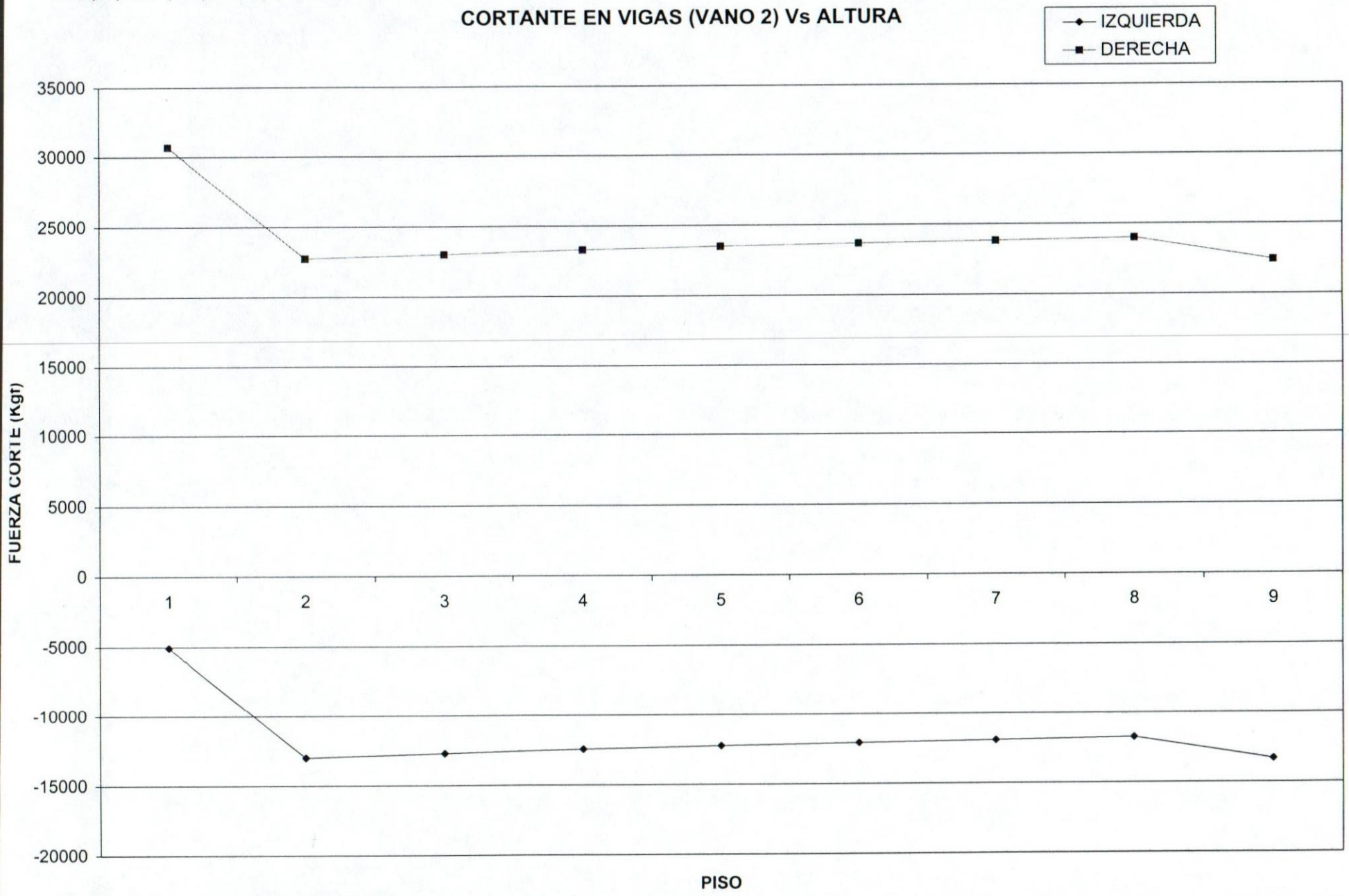
COL(50)VIGA(75)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(95)COSO(1).xls



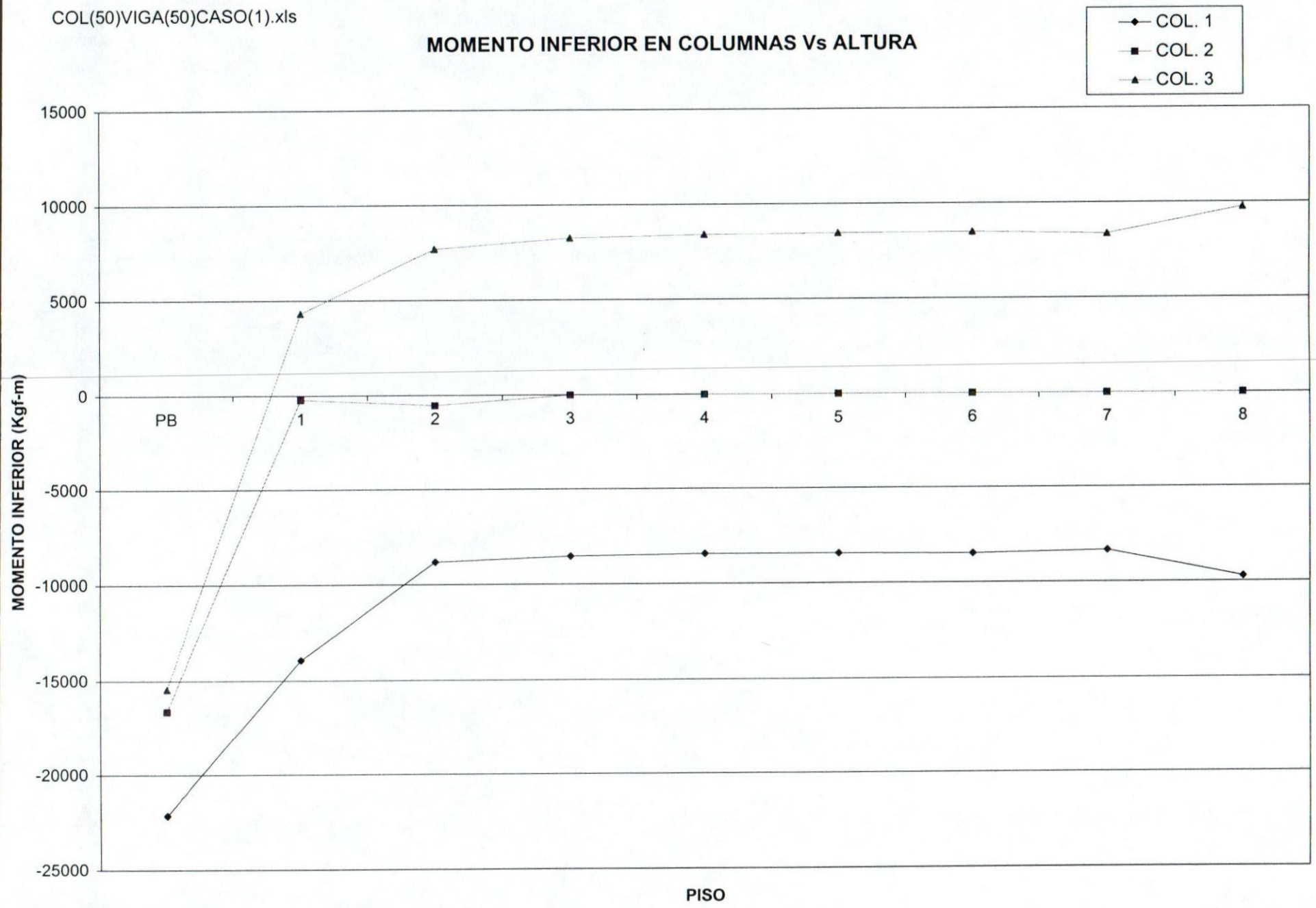
COL(50)VIGA(120)CASO(1).xls



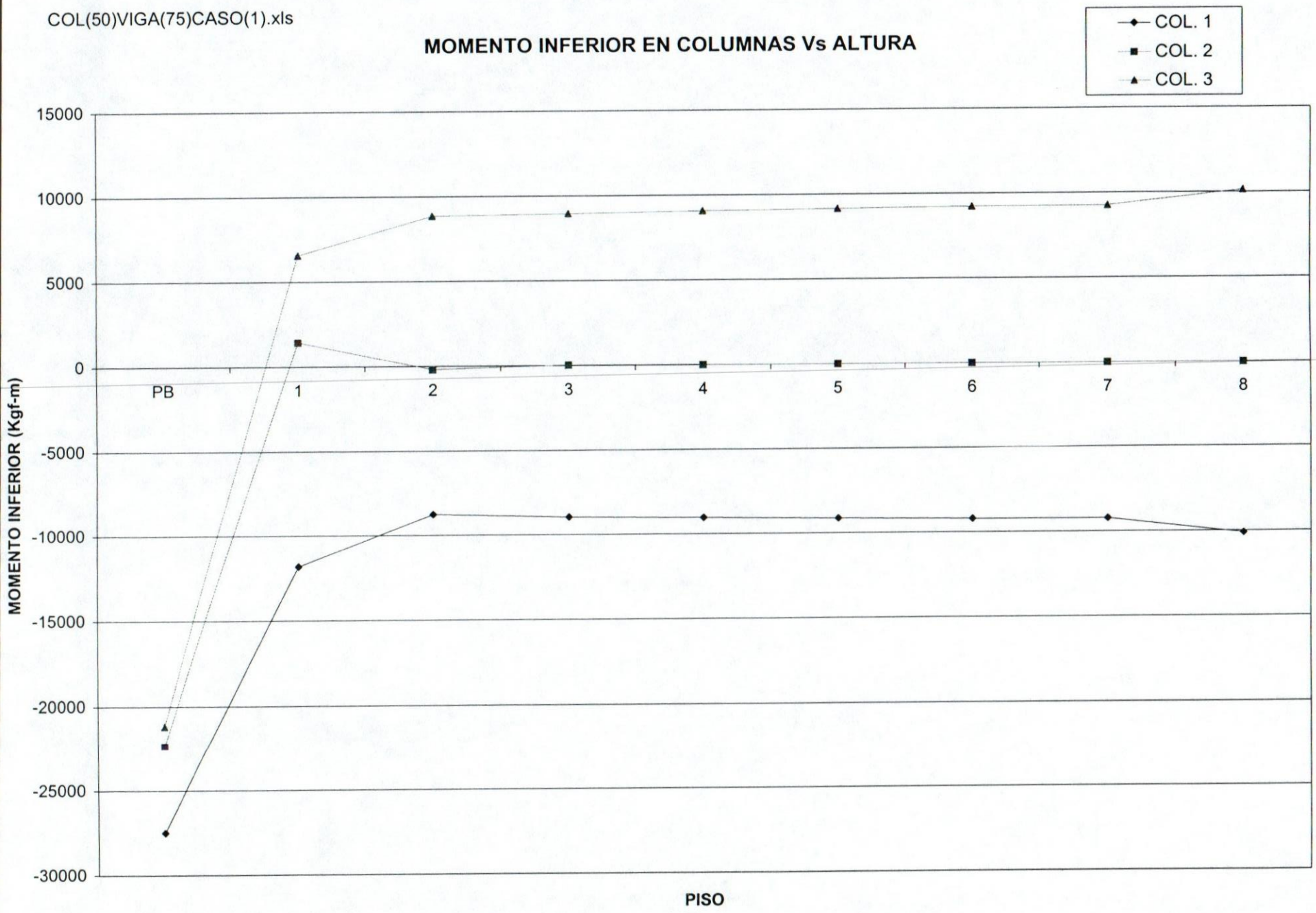
Anexo 8.5

Momento inferior y superior en columnas vs. altura en pórticos con columnas (50X50) y vigas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



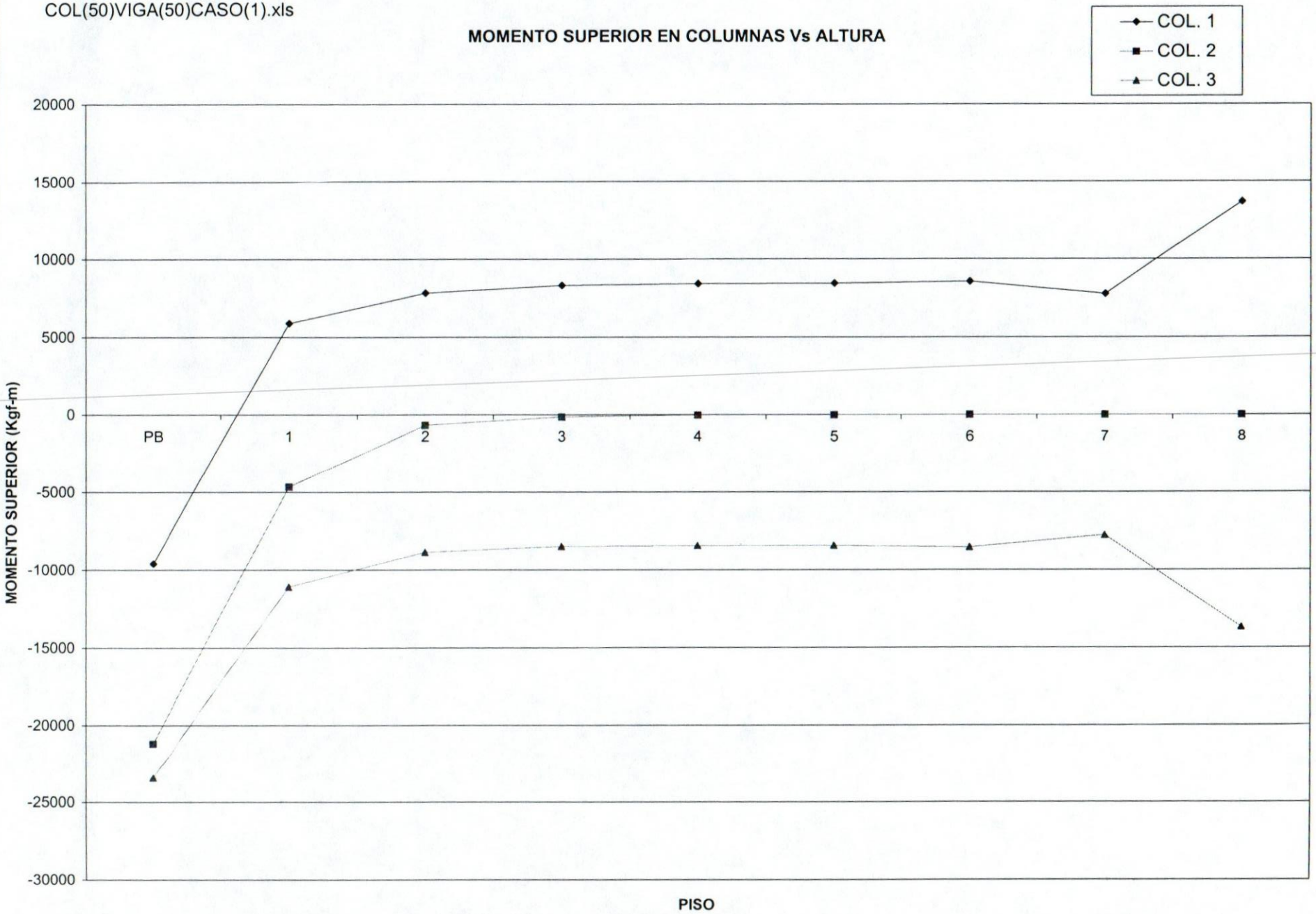
COL(50)VIGA(75)CASO(1).xls



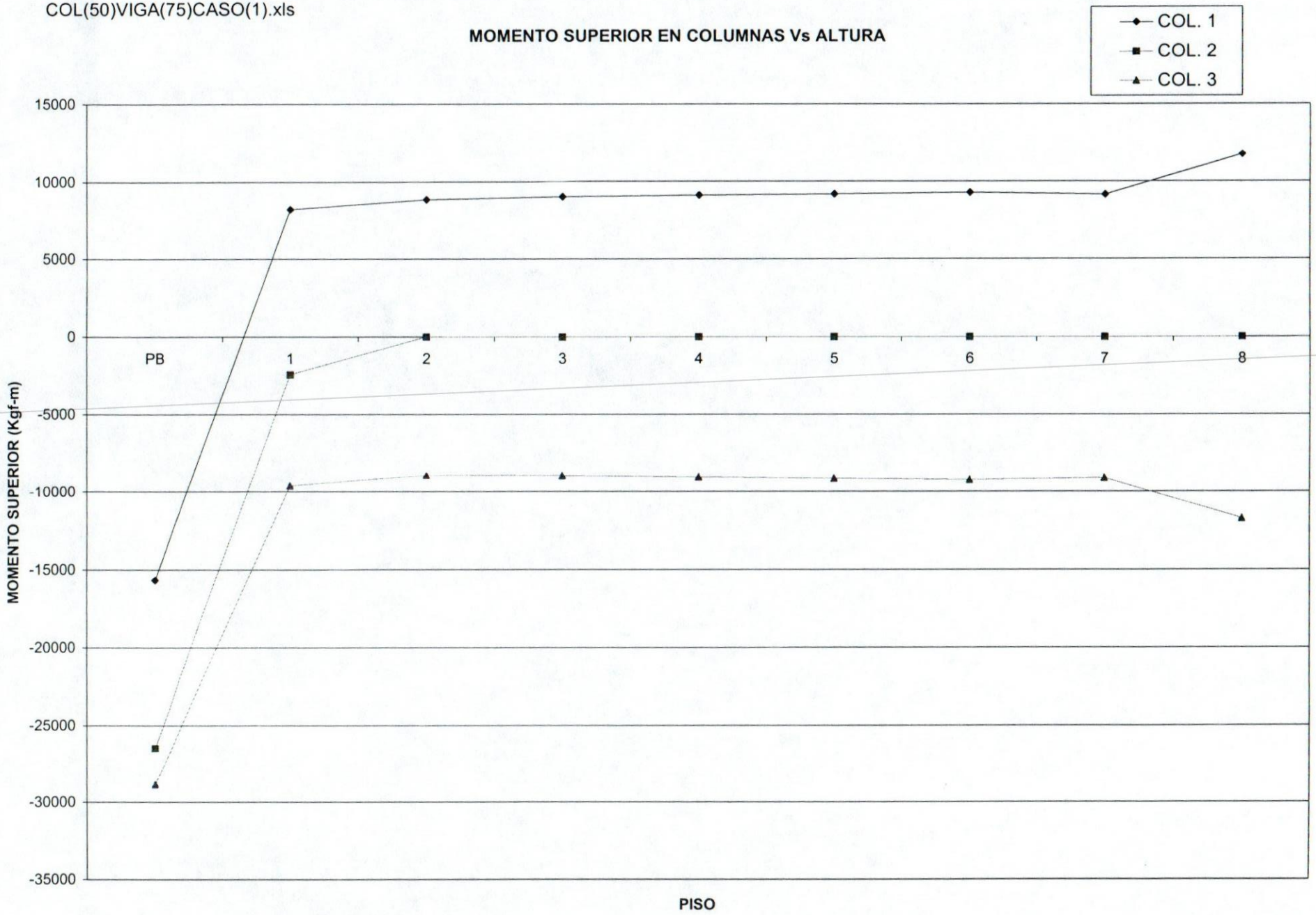
COL(50)VIGA(95)COSO(1).xls

COL(50)VIGA(120)CASO(1).xls

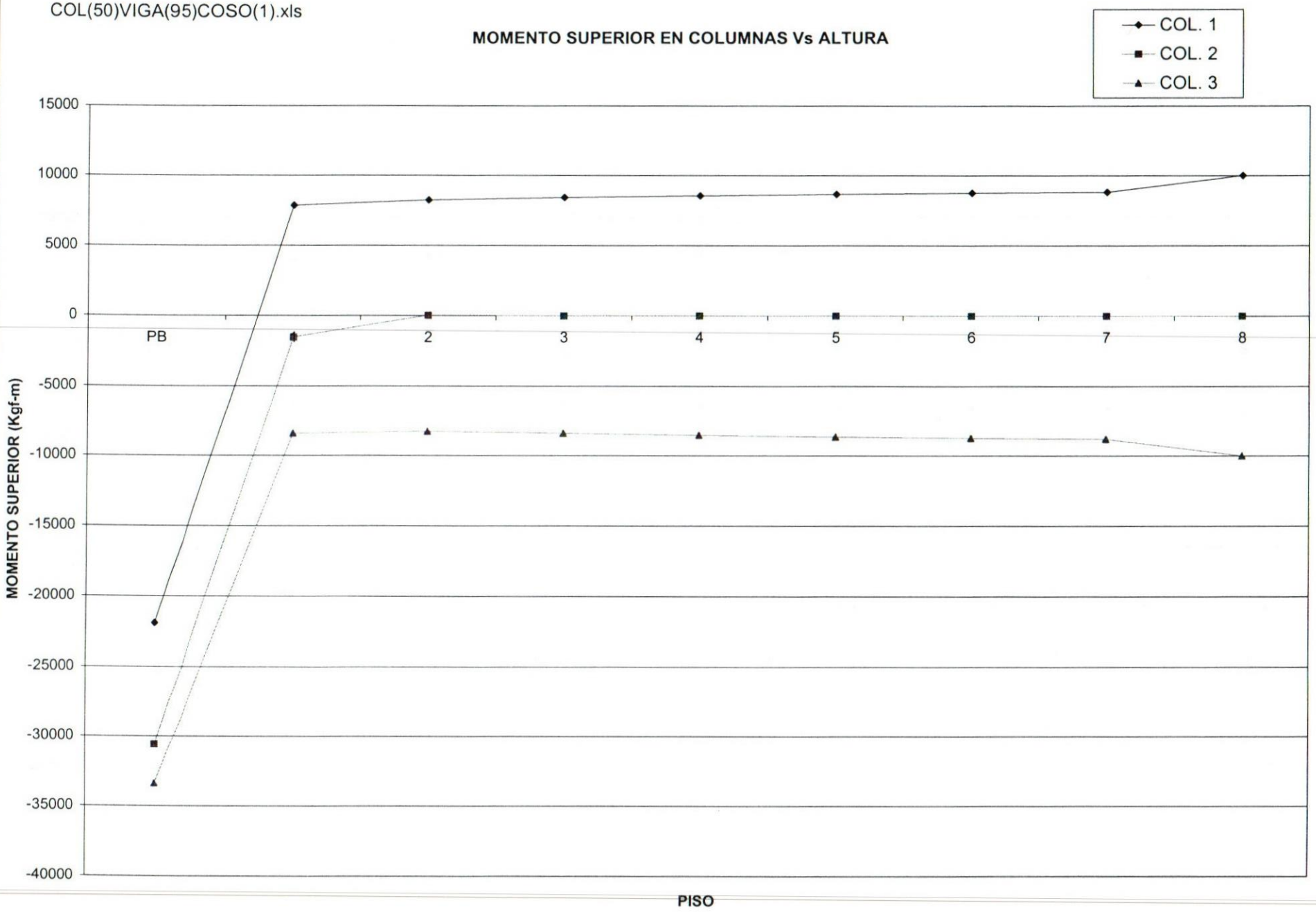
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



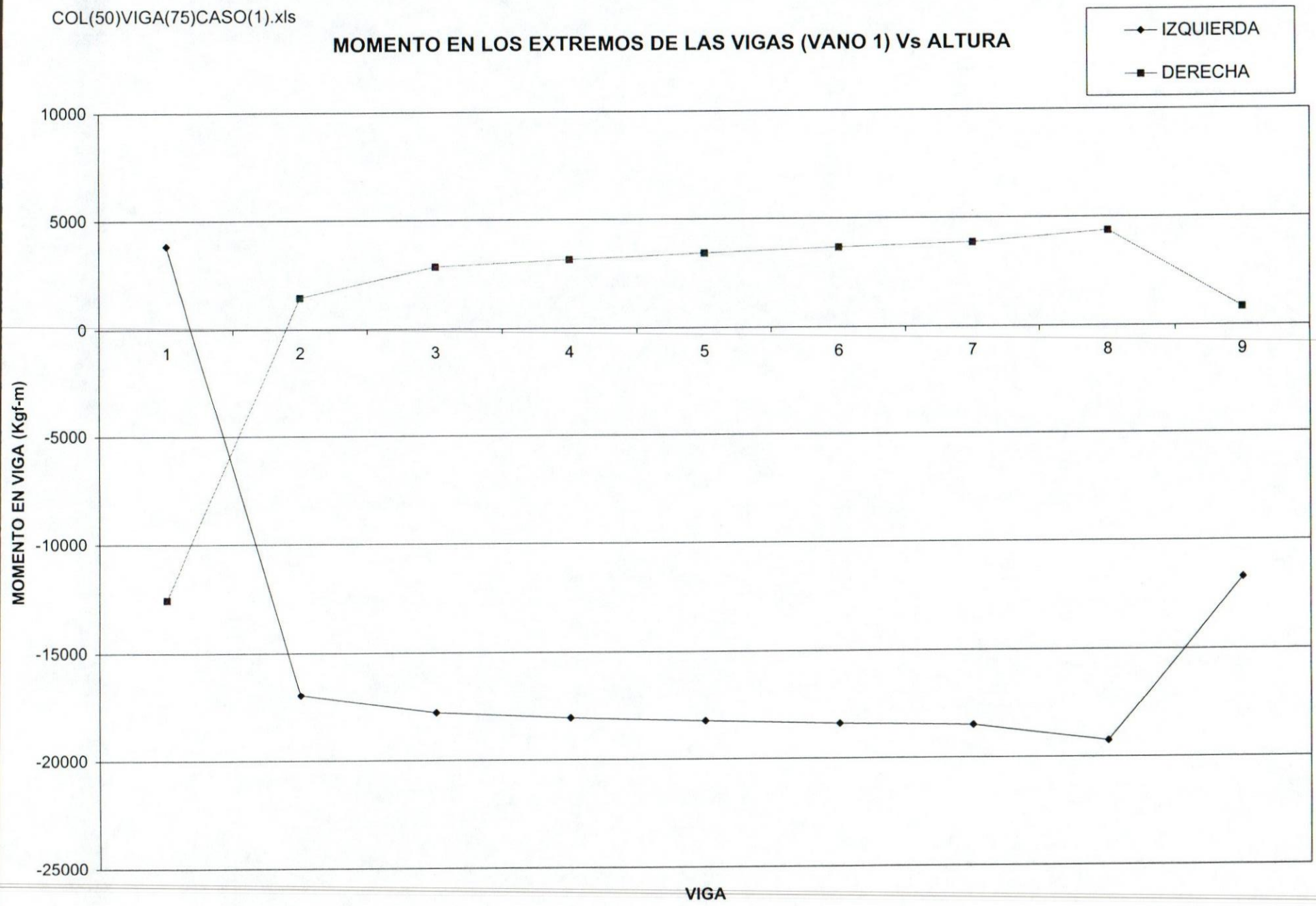
COL(50)VIGA(75)CASO(1).xls



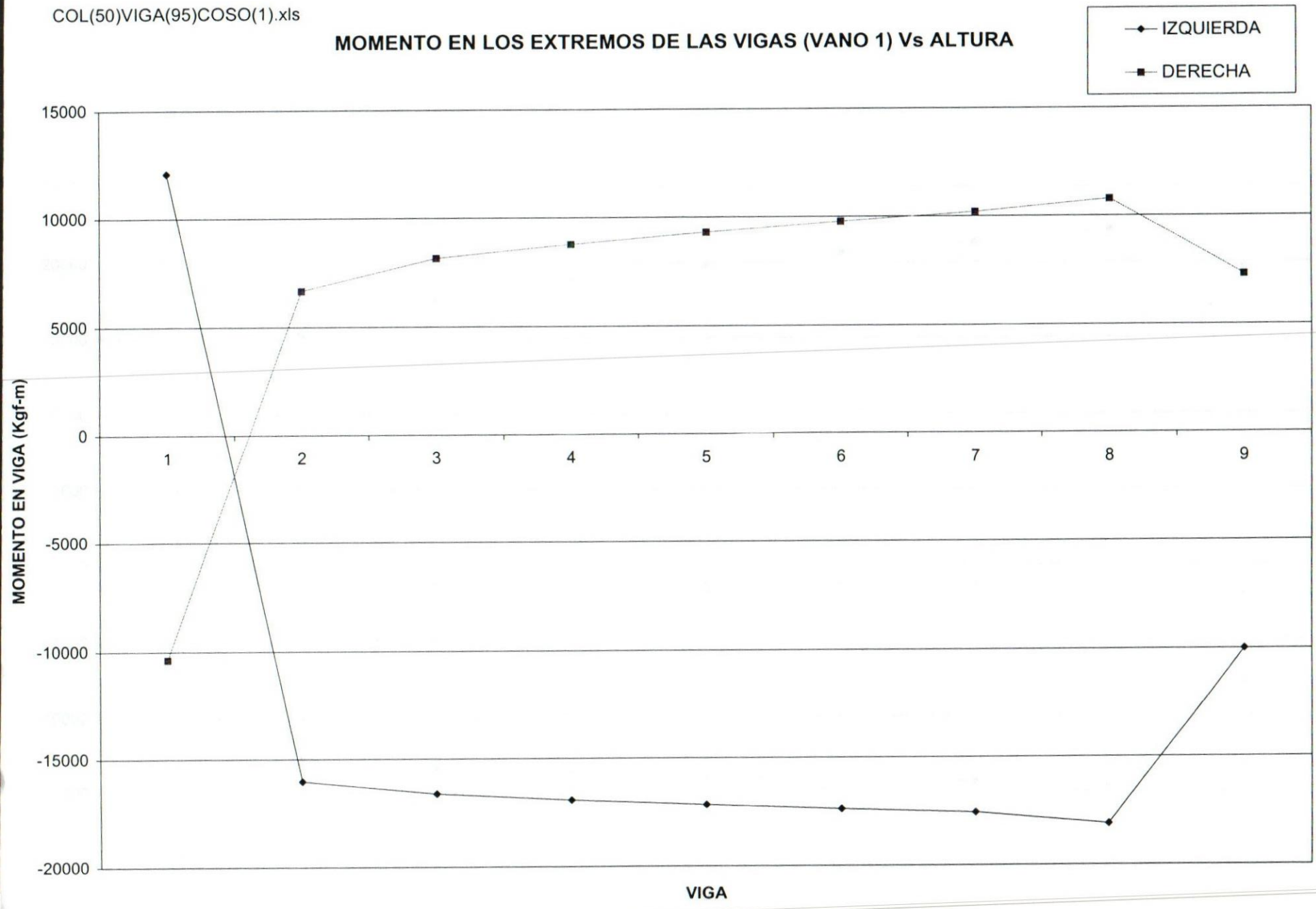
COL(50)VIGA(95)COSO(1).xls



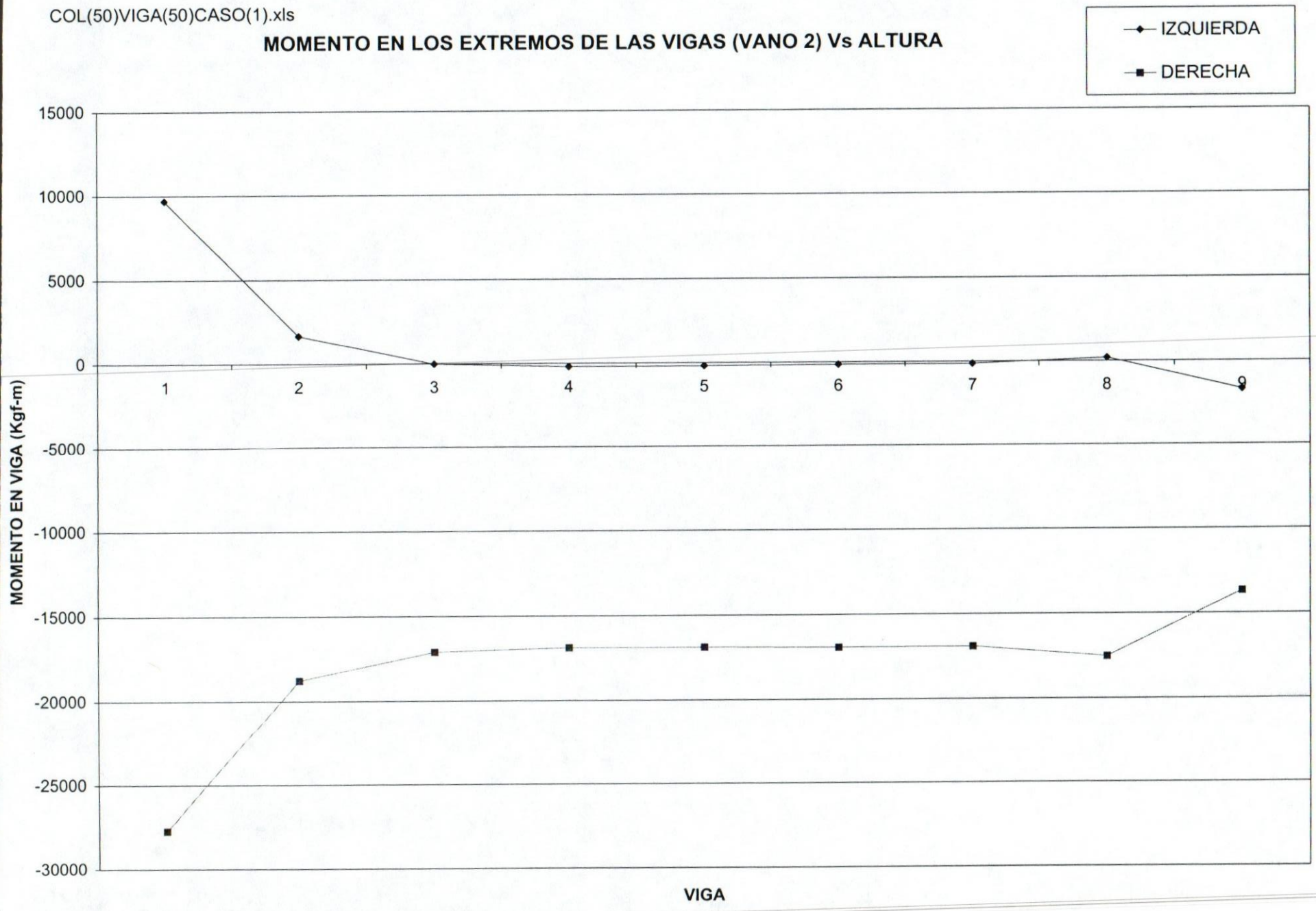
COL(50)VIGA(75)CASO(1).xls



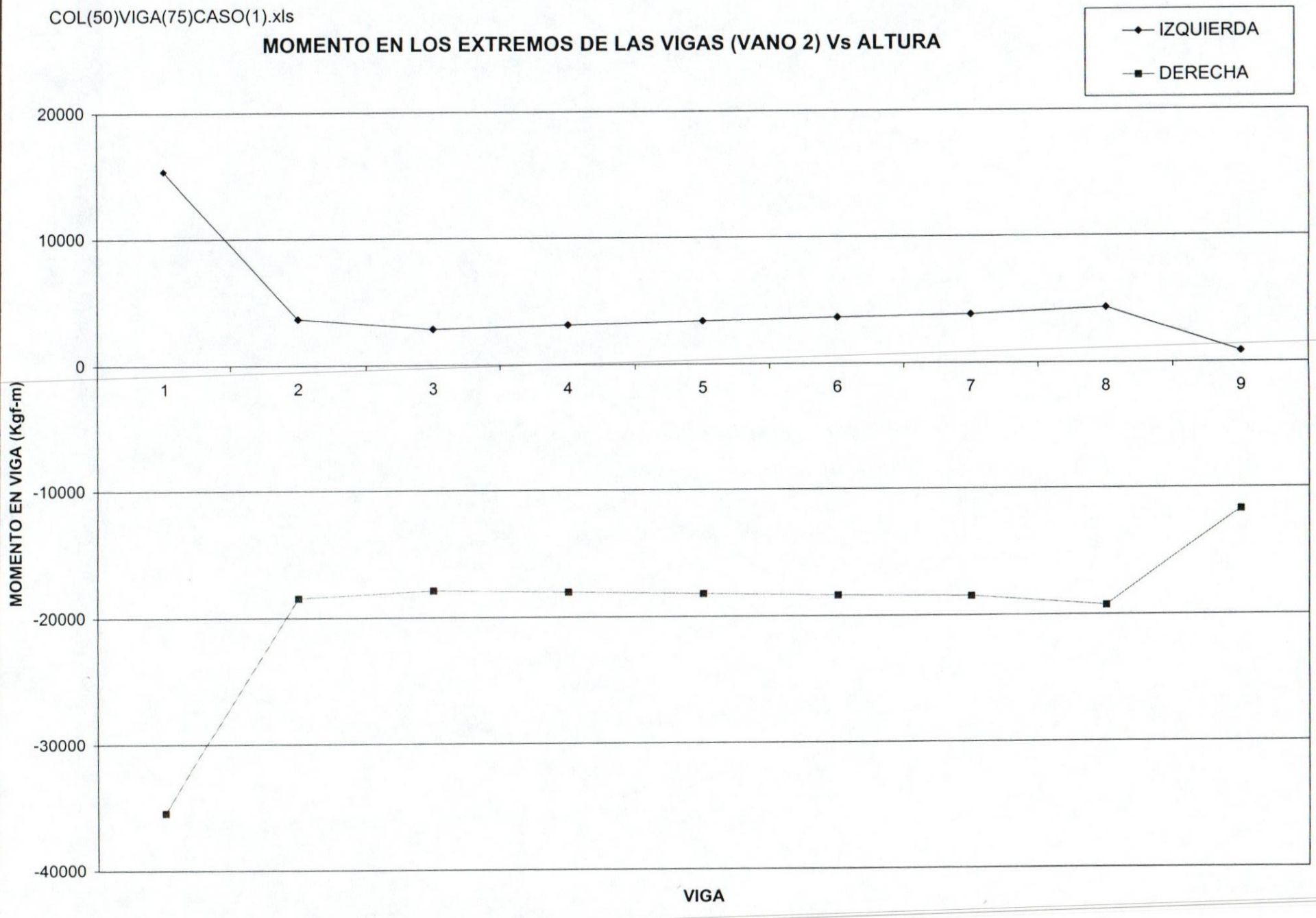
COL(50)VIGA(95)COSO(1).xls



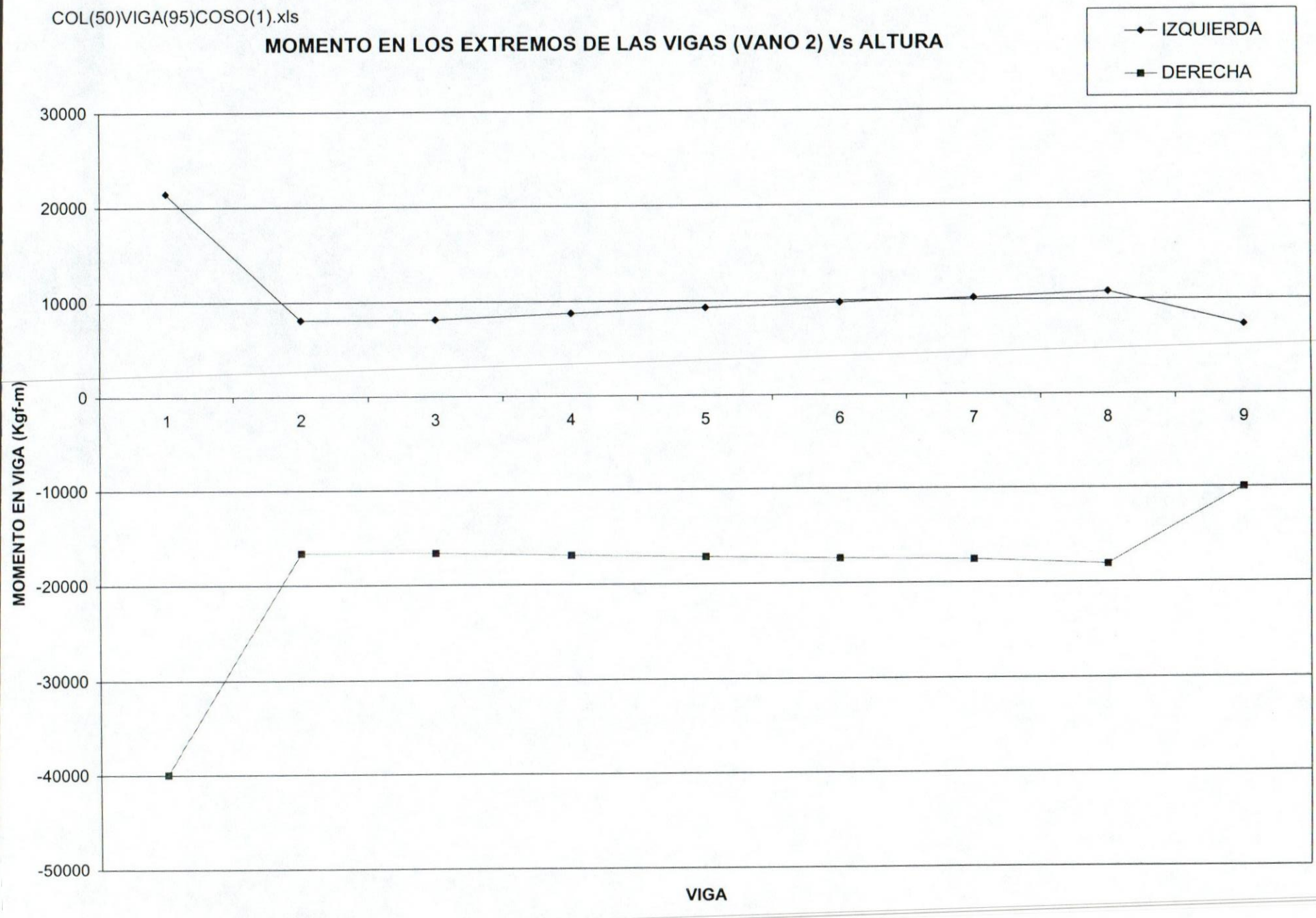
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



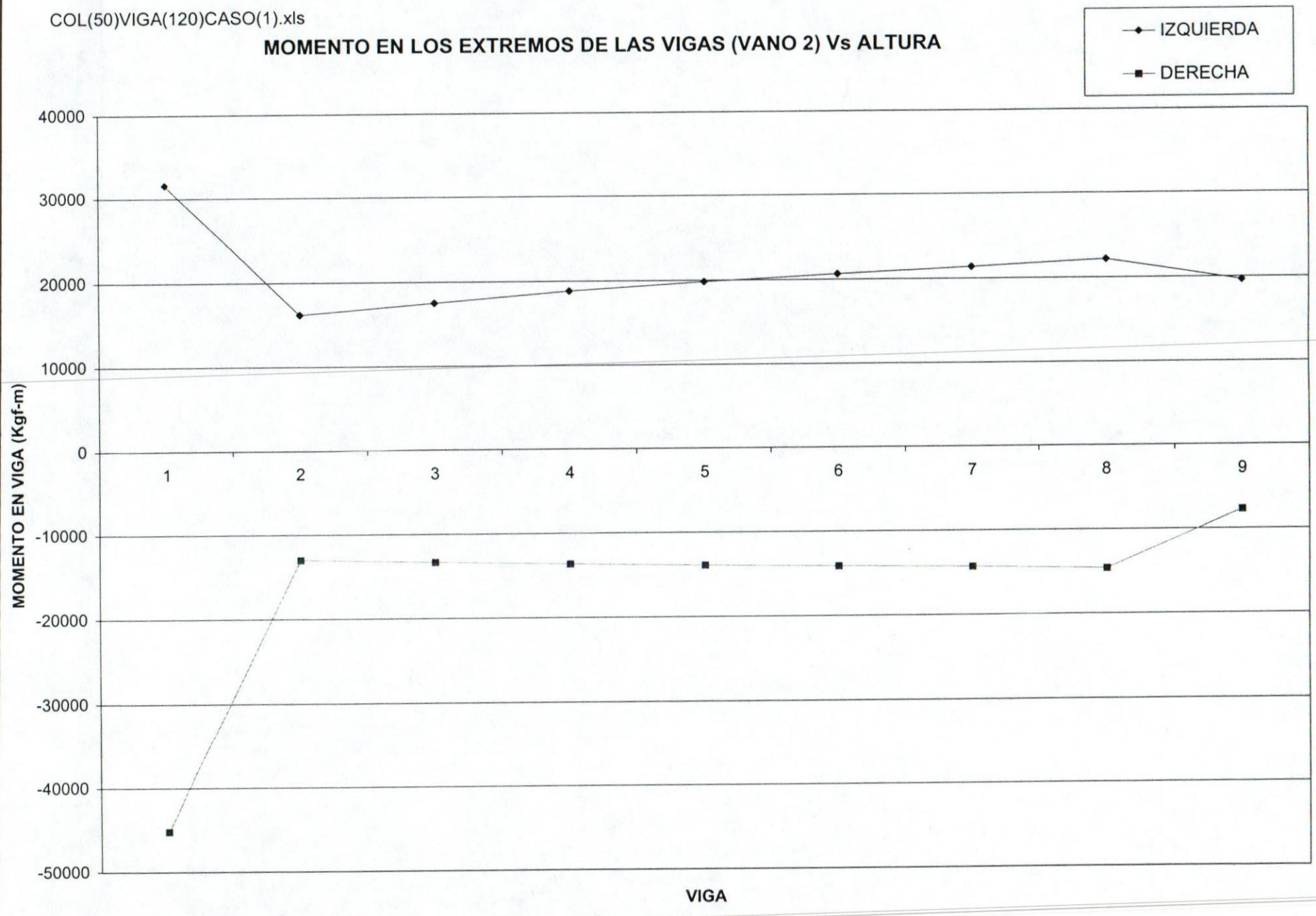
COL(50)VIGA(75)CASO(1).xls



COL(50)VIGA(95)COSO(1).xls



COL(50)VIGA(120)CASO(1).xls



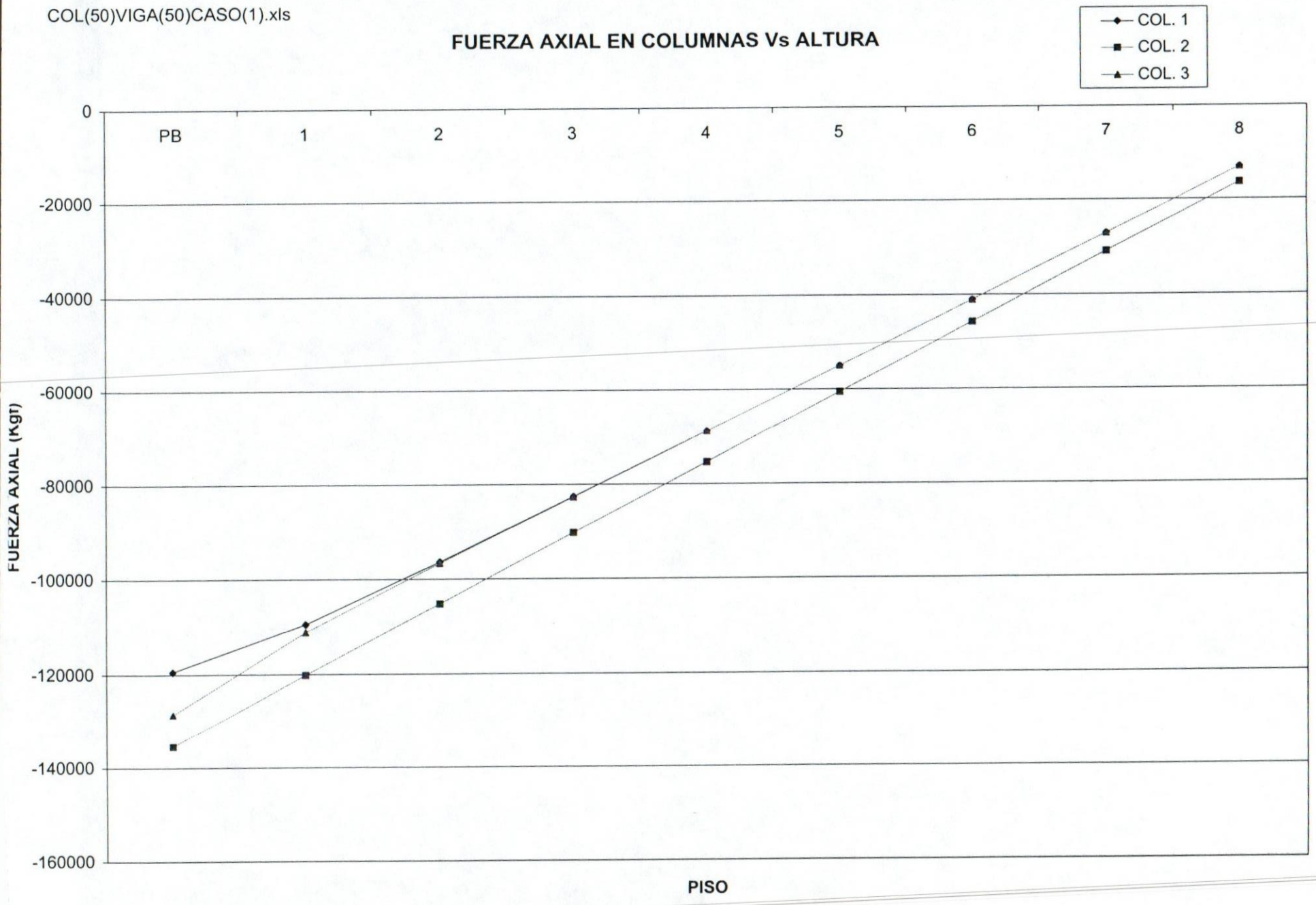
ANEXO 9

Pórticos con vigas de (50X50) y columnas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

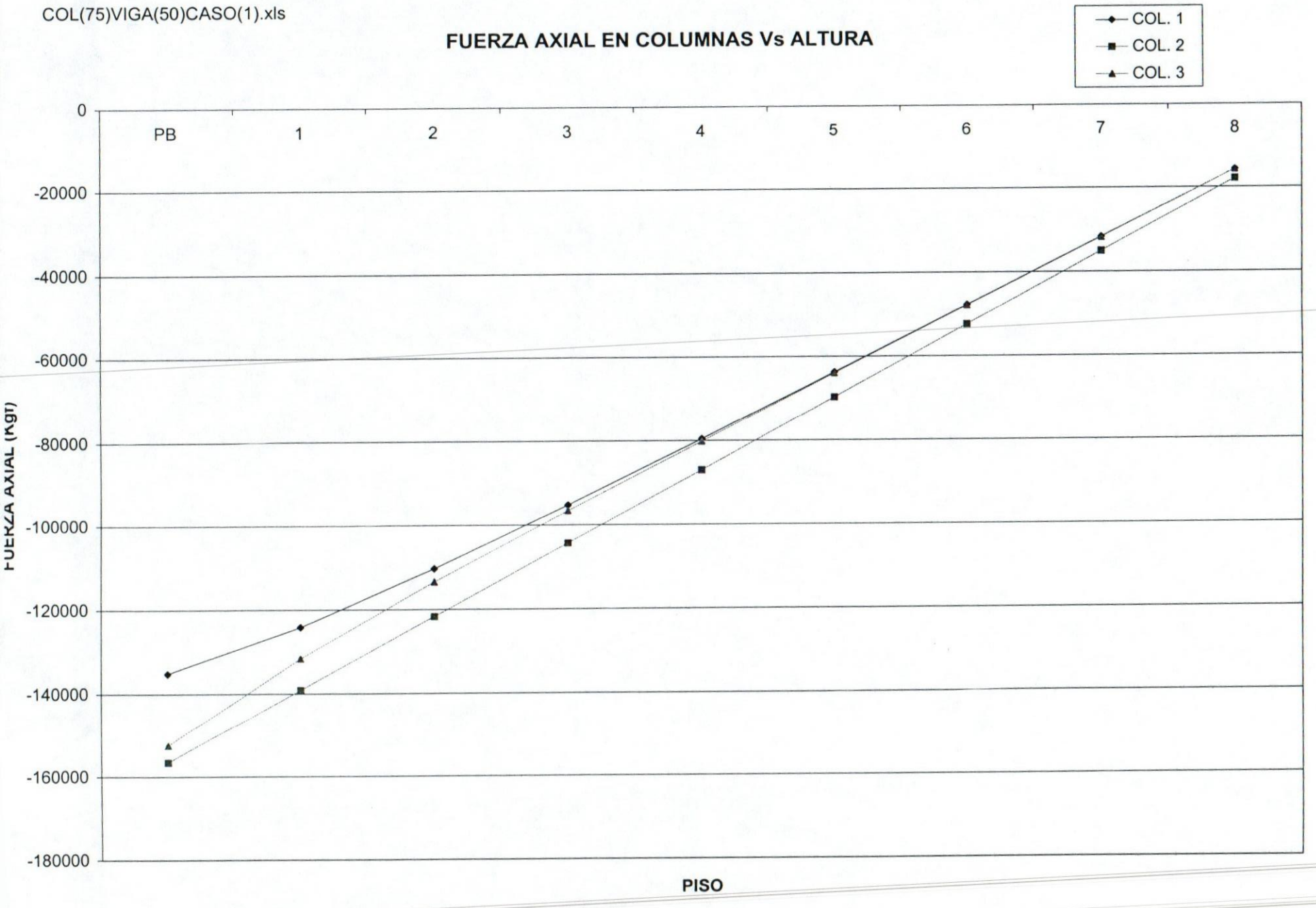
Contenido:

Anexo 9.1
Fuerza Axial en columnas vs. altura
Anexo 9.2
Fuerza Axial en los extremos de las vigas de los vanos 1y 2 vs. altura
Anexo 9.3
Fuerza de corte en columnas vs. altura
Anexo 9.4
Fuerza en vigas vanos 1 y 2 vs. altura
Anexo 9.5
Momento inferior y superior en columnas vs. altura
Anexo 9.6
Momento en los extremos de vigas de los vanos 1 y 2 vs. altura

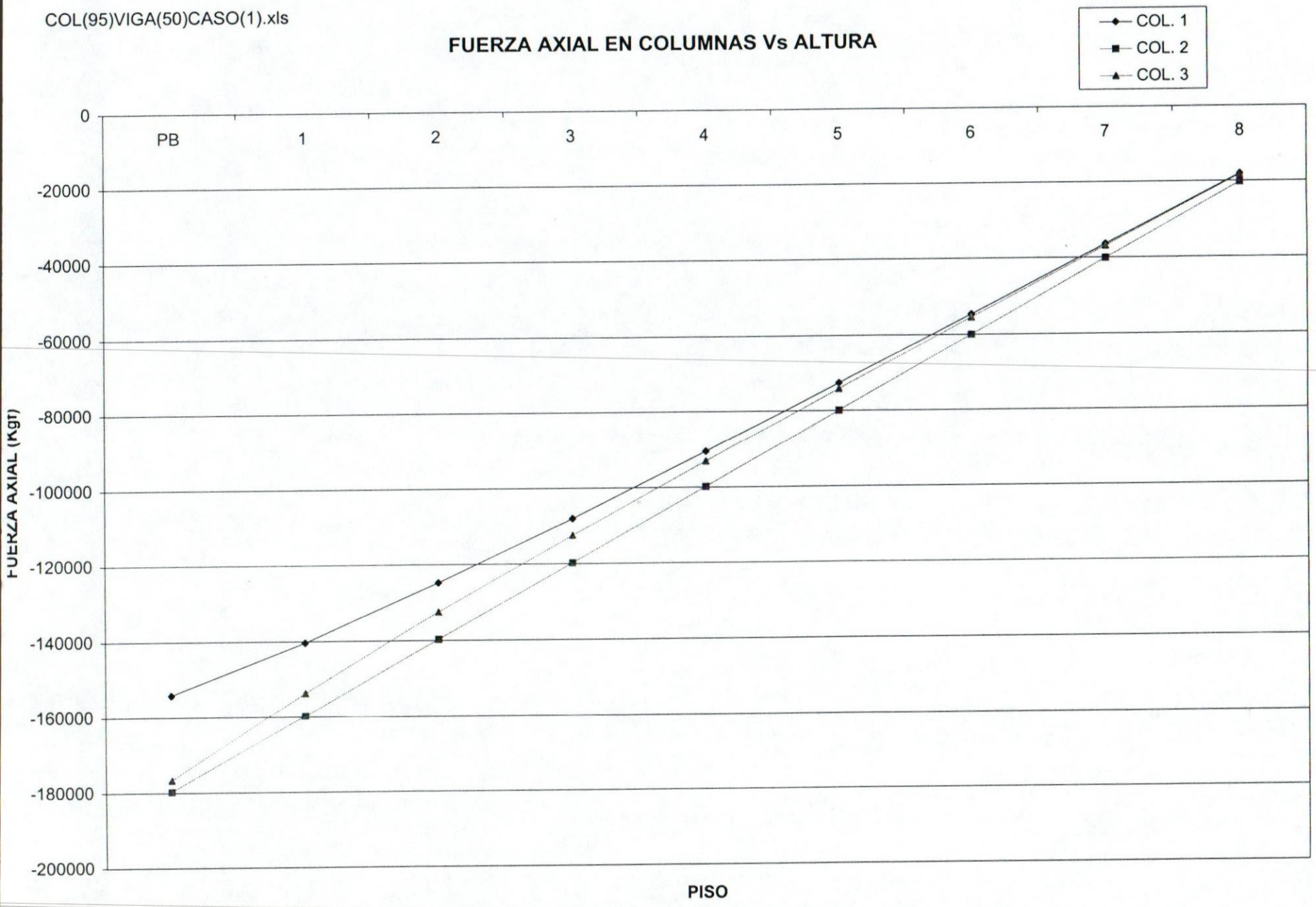
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



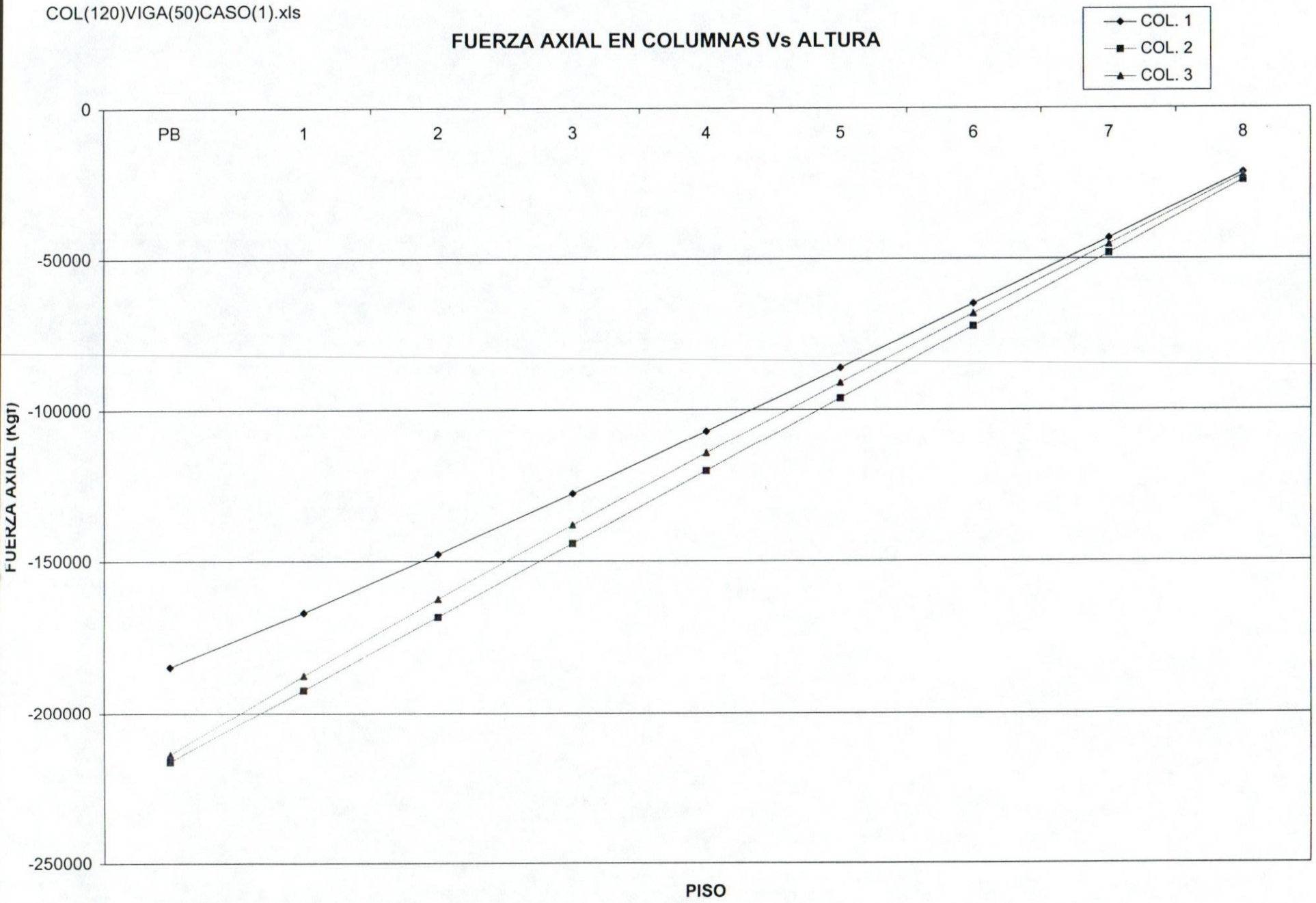
COL(75)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(95)VIGA(50)CASO(1).xls



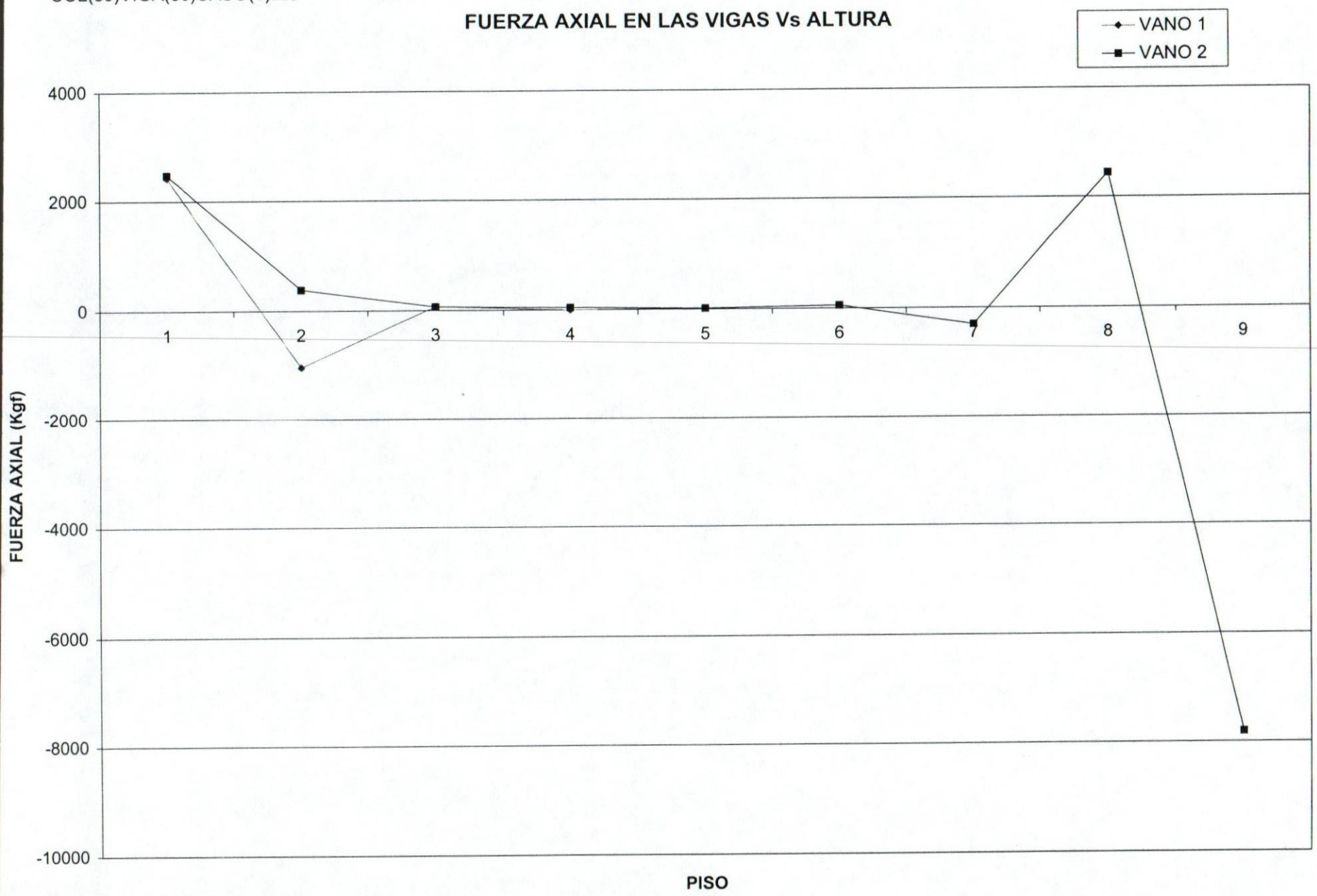
COL(120)VIGA(50)CASO(1).xls



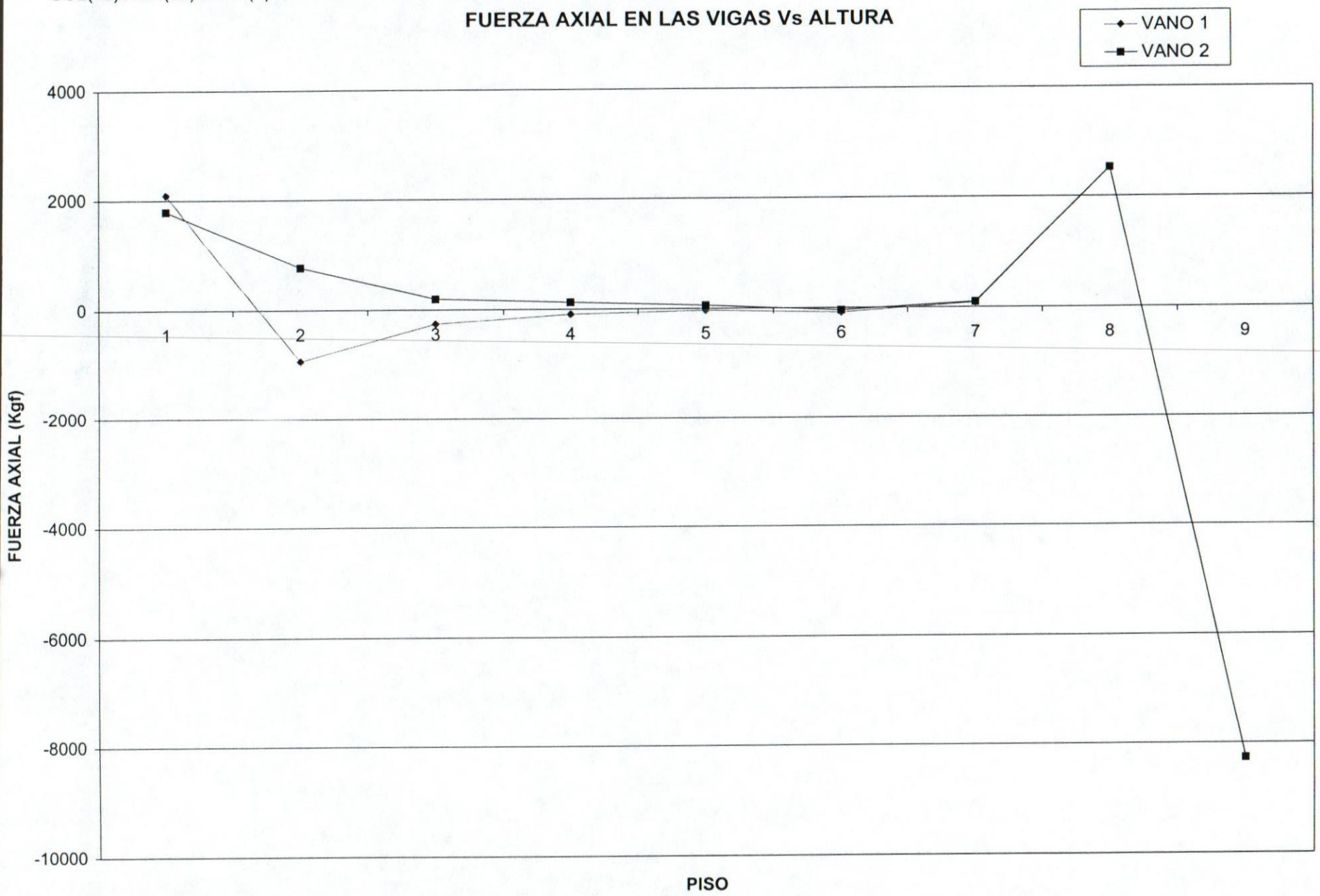
Anexo 9.2

Fuerza Axial en los extremos de las vigas de los vanos 1y 2 vs. altura en pórticos con vigas de (50X50) y columnas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

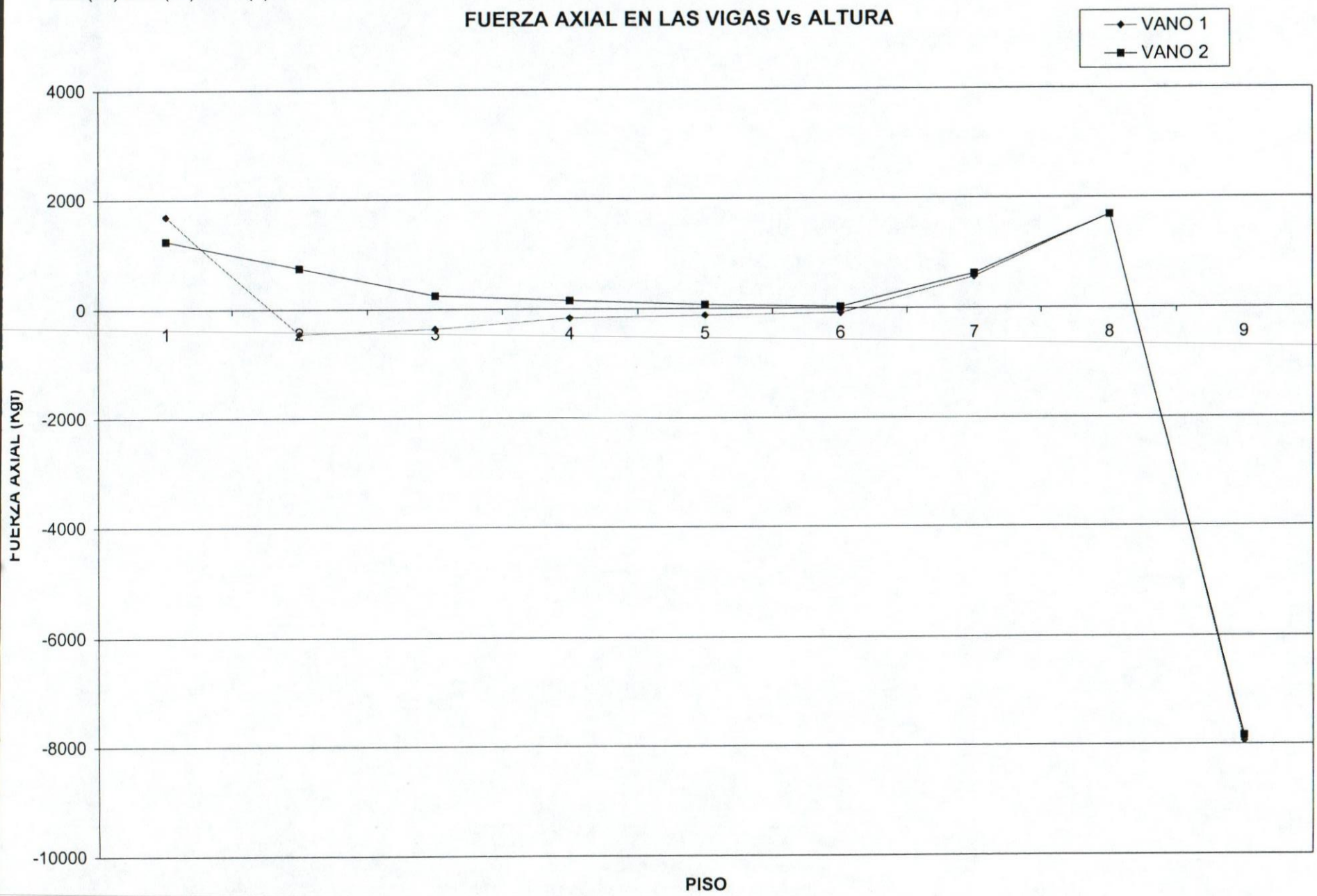
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



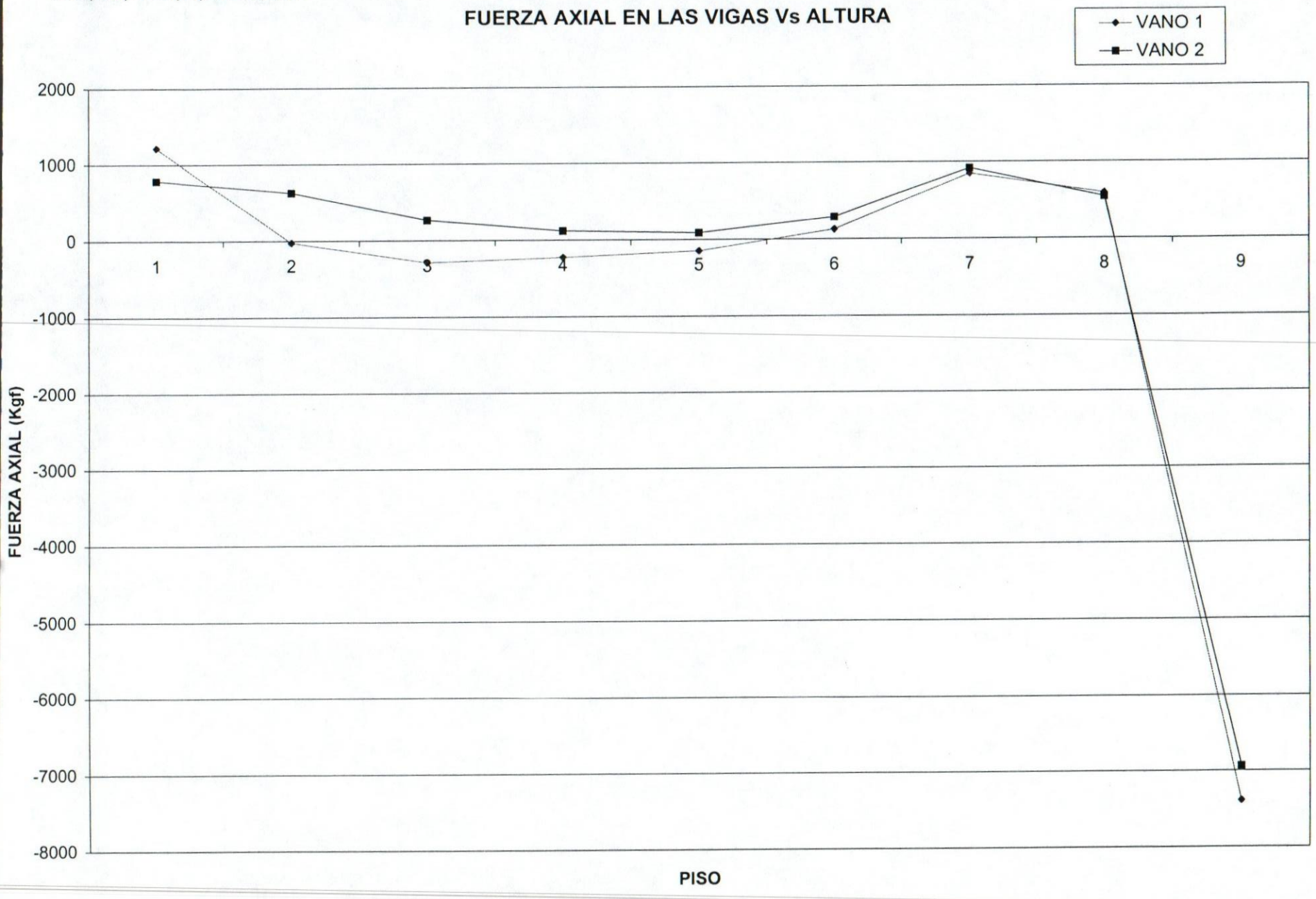
COL(75)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(95)VIGA(50)CASO(1).xls



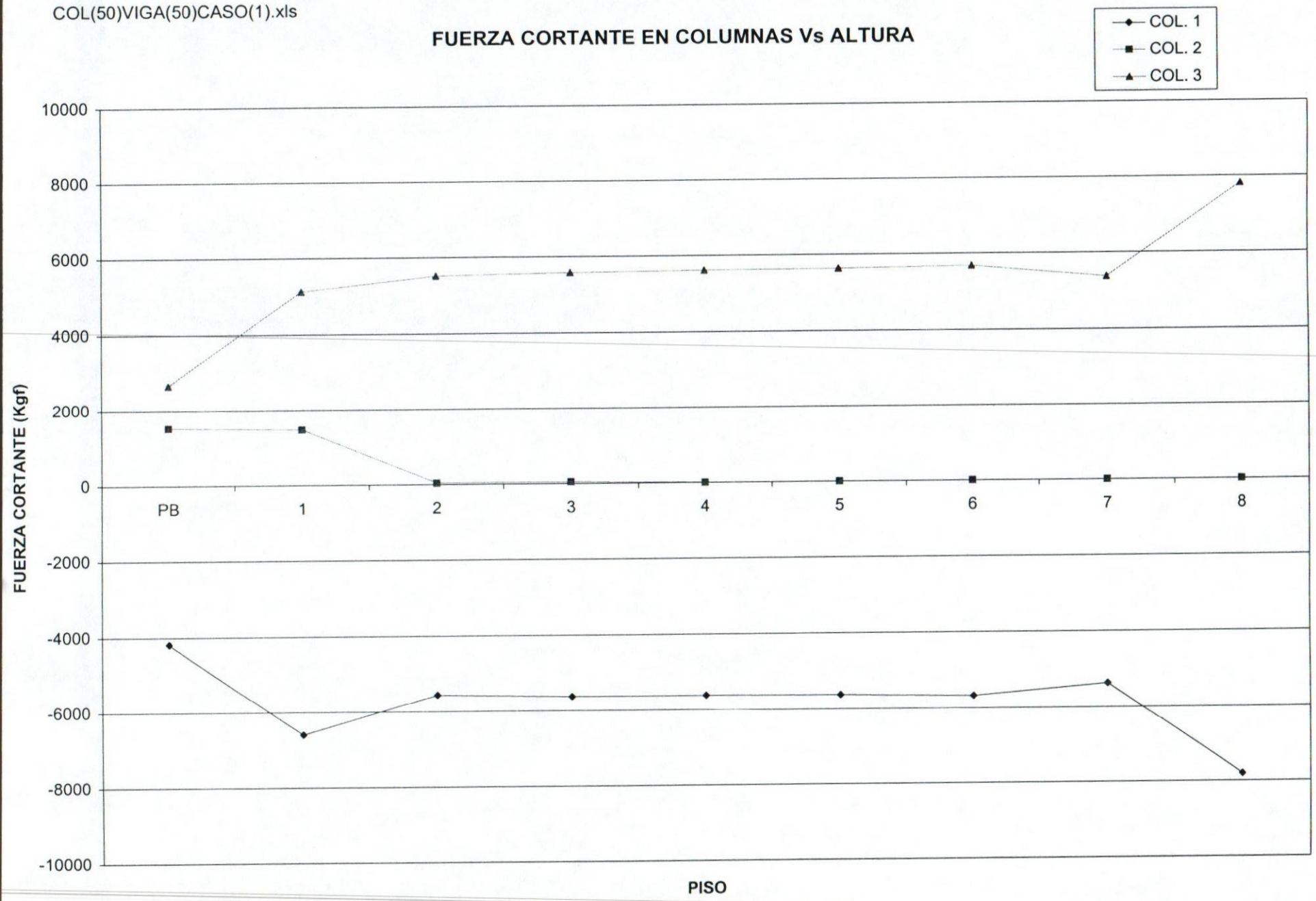
COL(120)VIGA(50)CASO(1).xls



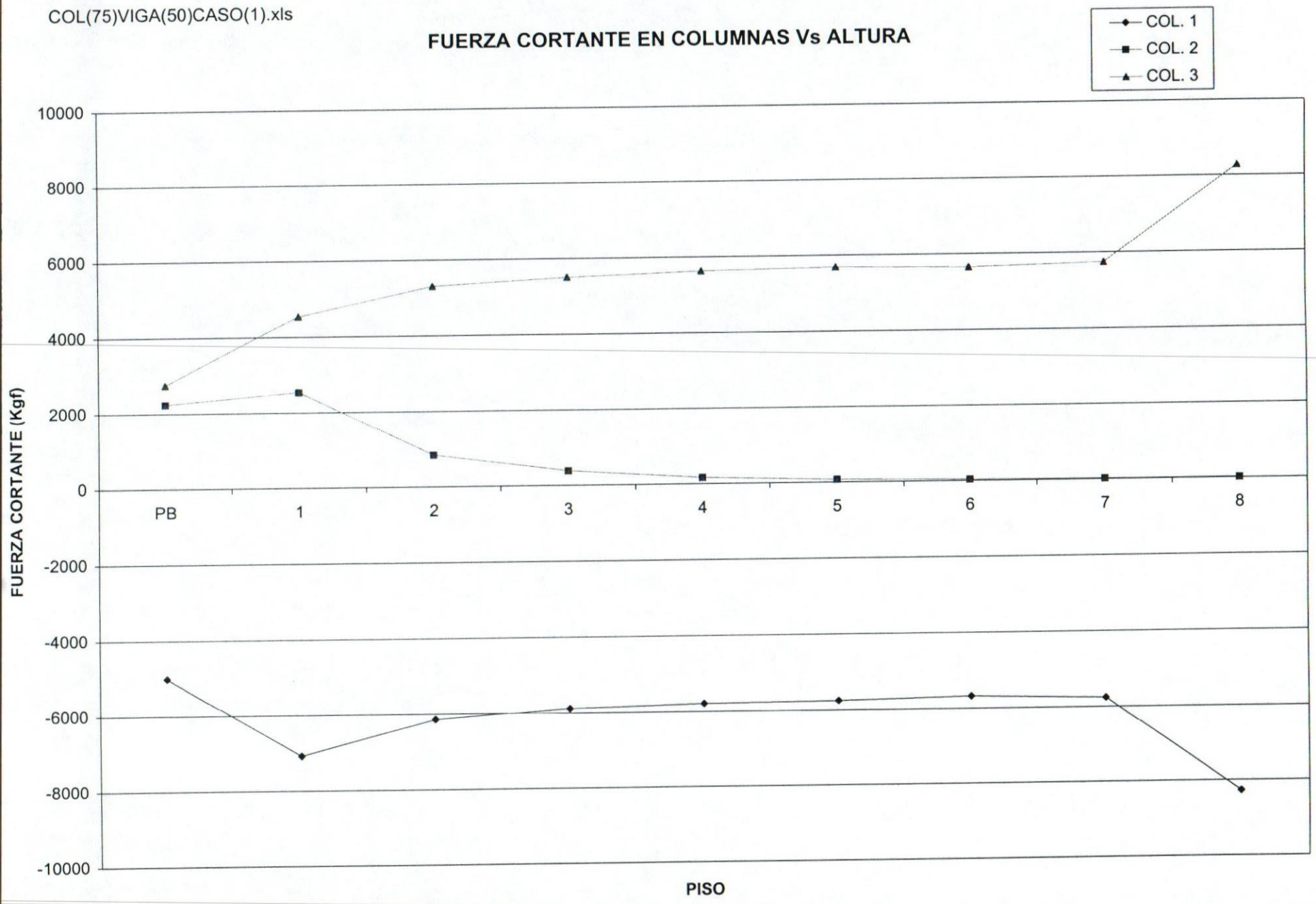
Anexo 9.3

Fuerza de corte en columnas vs. altura en pórticos con vigas de (50X50) y columnas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

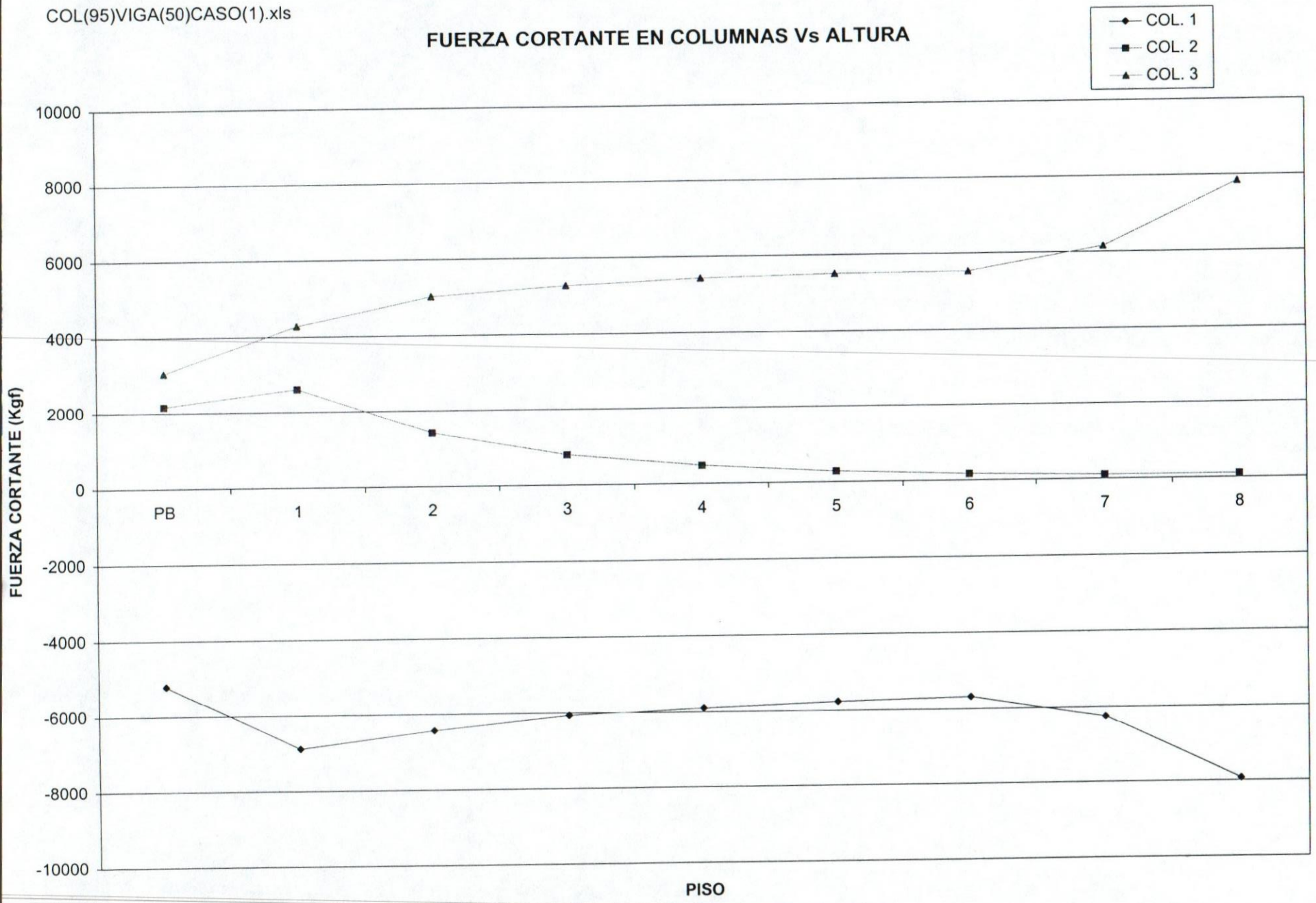
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



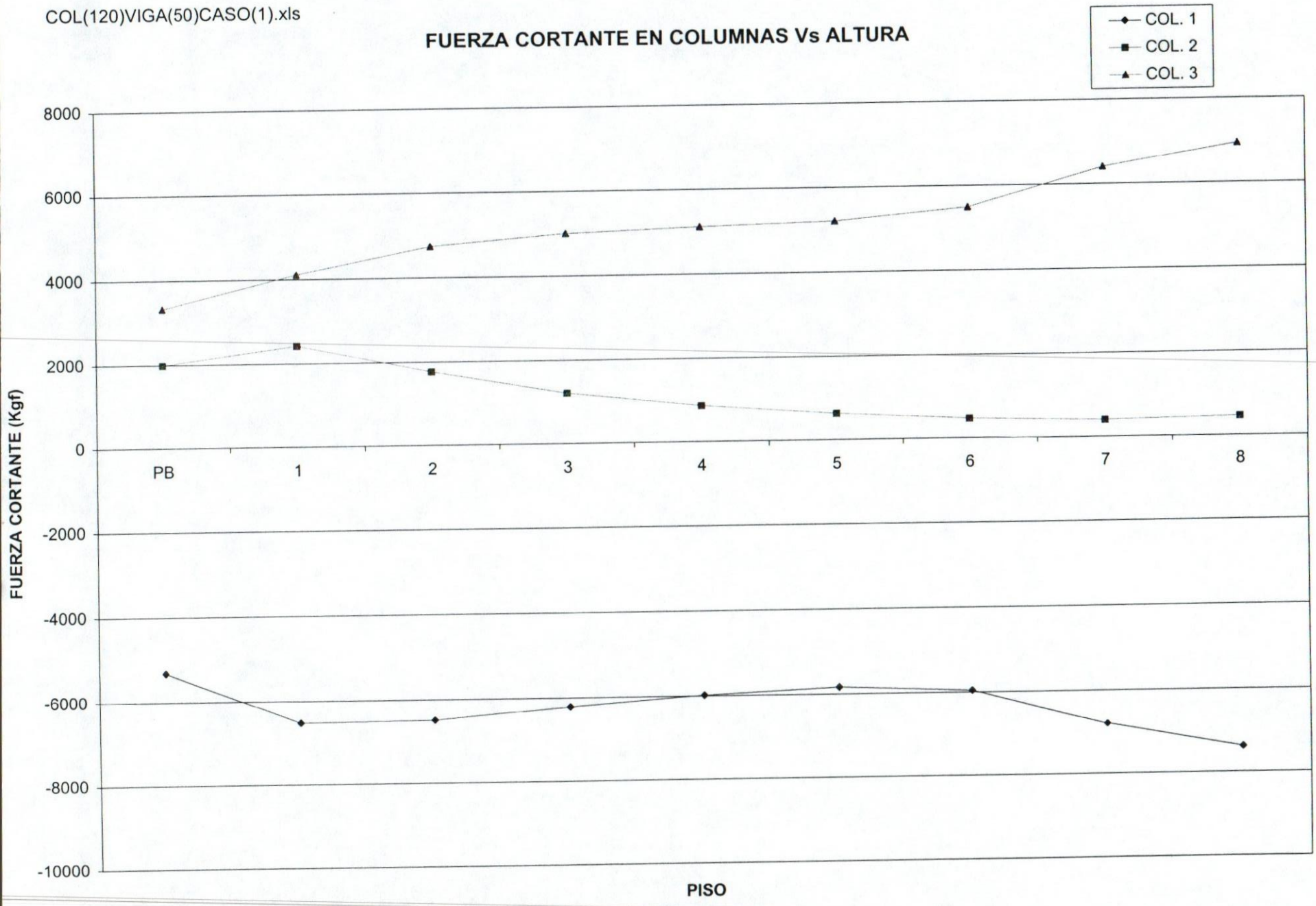
COL(75)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(95)VIGA(50)CASO(1).xls



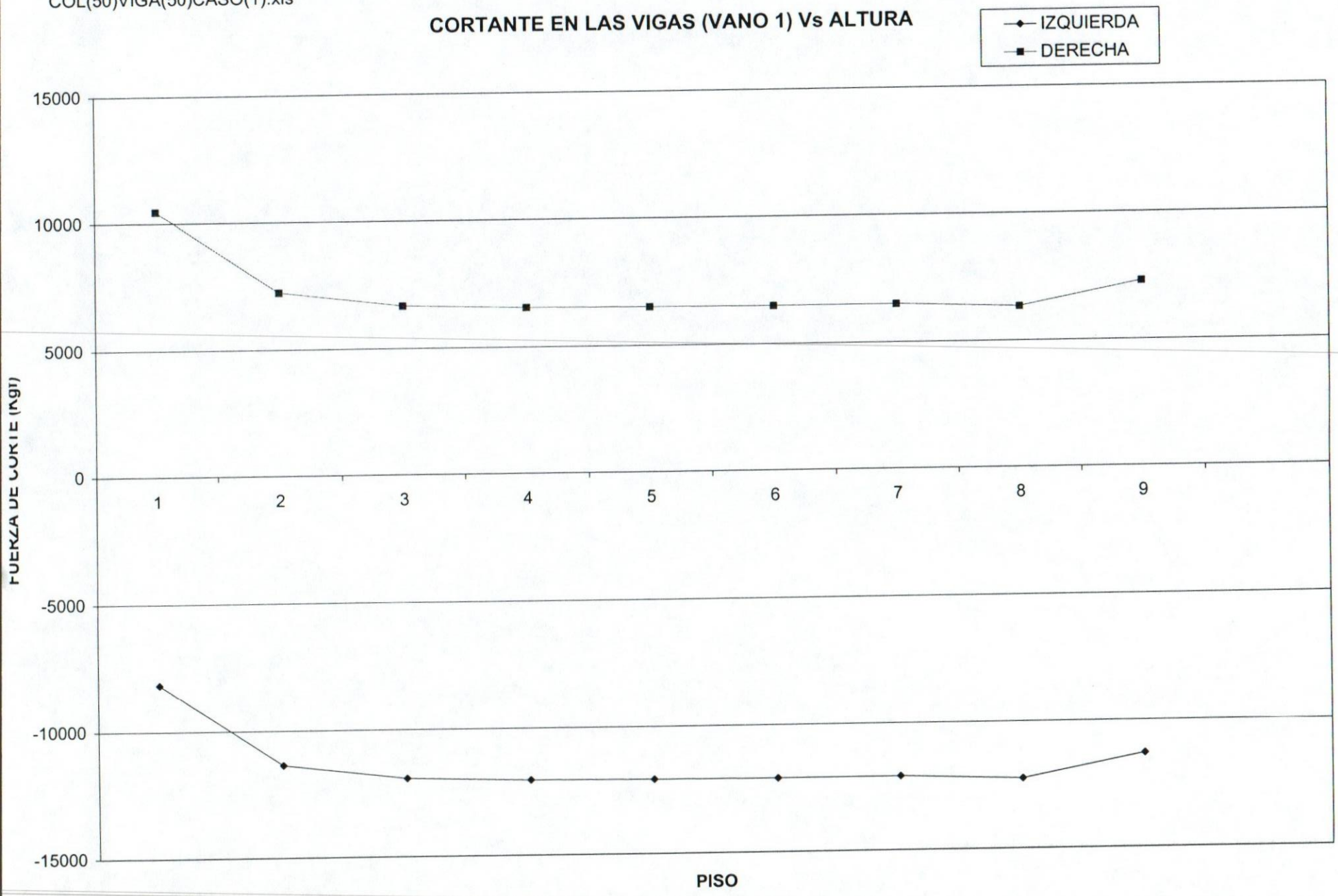
COL(120)VIGA(50)CASO(1).xls



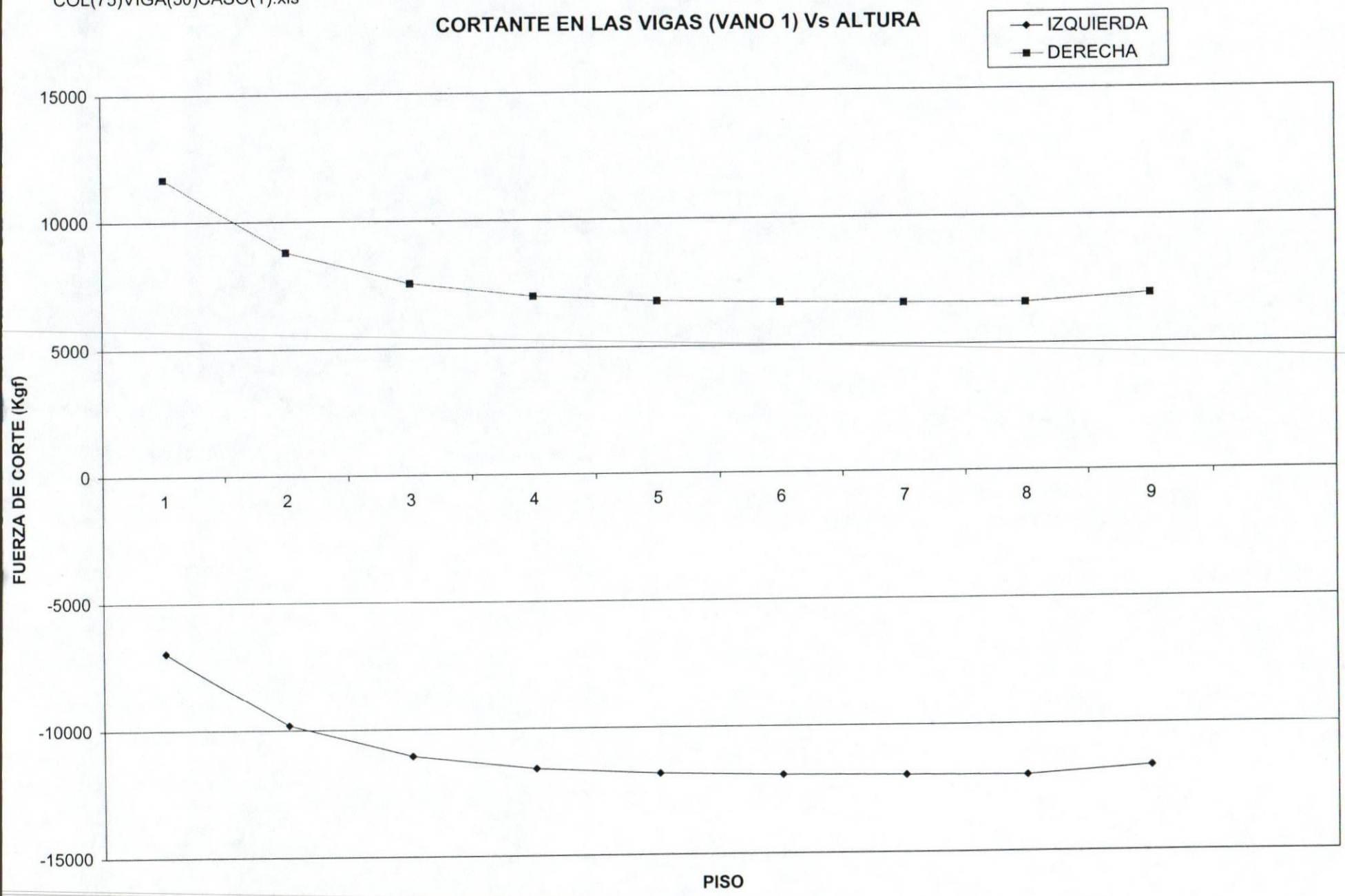
Anexo 9.4

Fuerza de corte en las vigas de los vanos 1 y 2 vs. altura en pórticos con vigas de (50X50) y columnas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

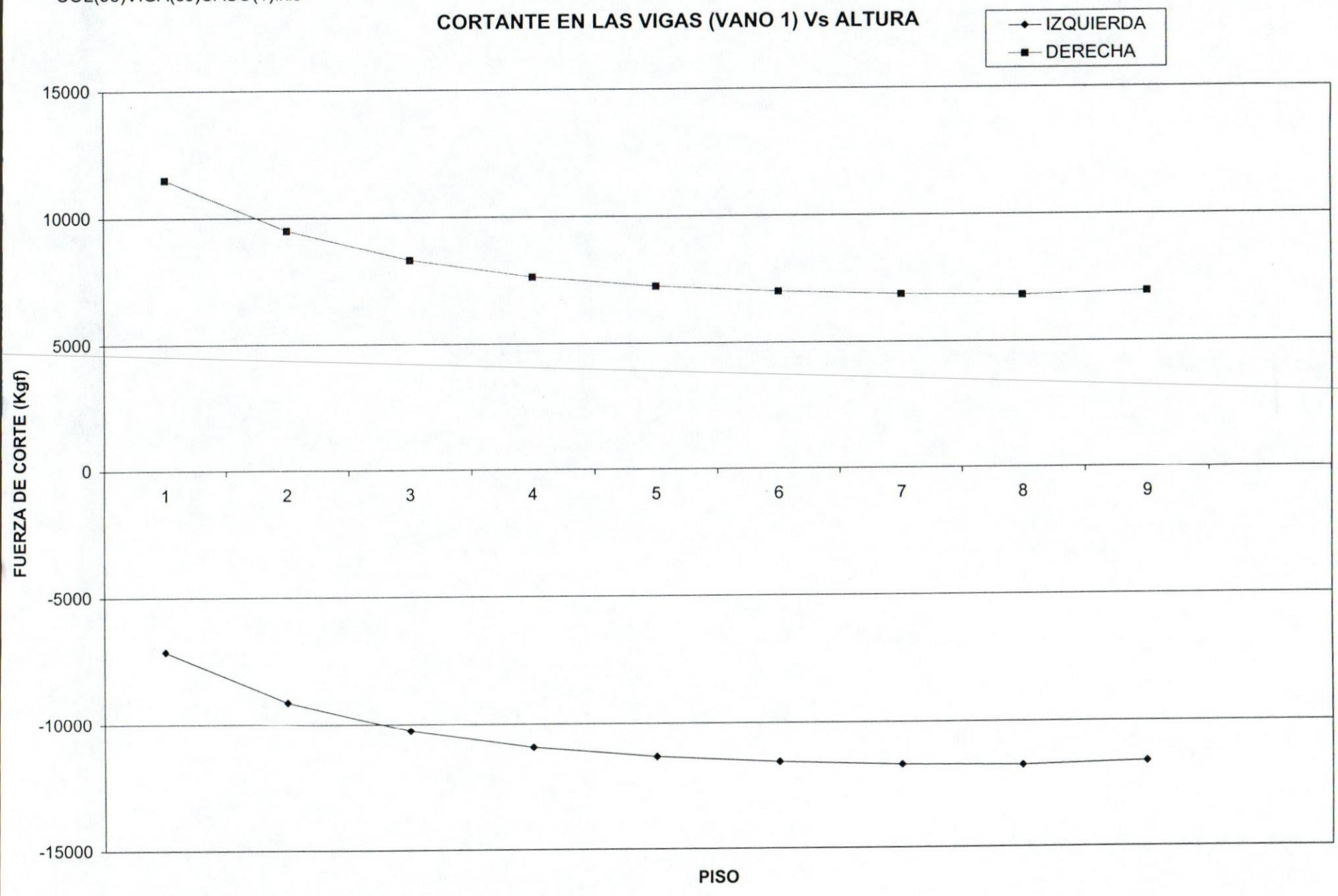
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



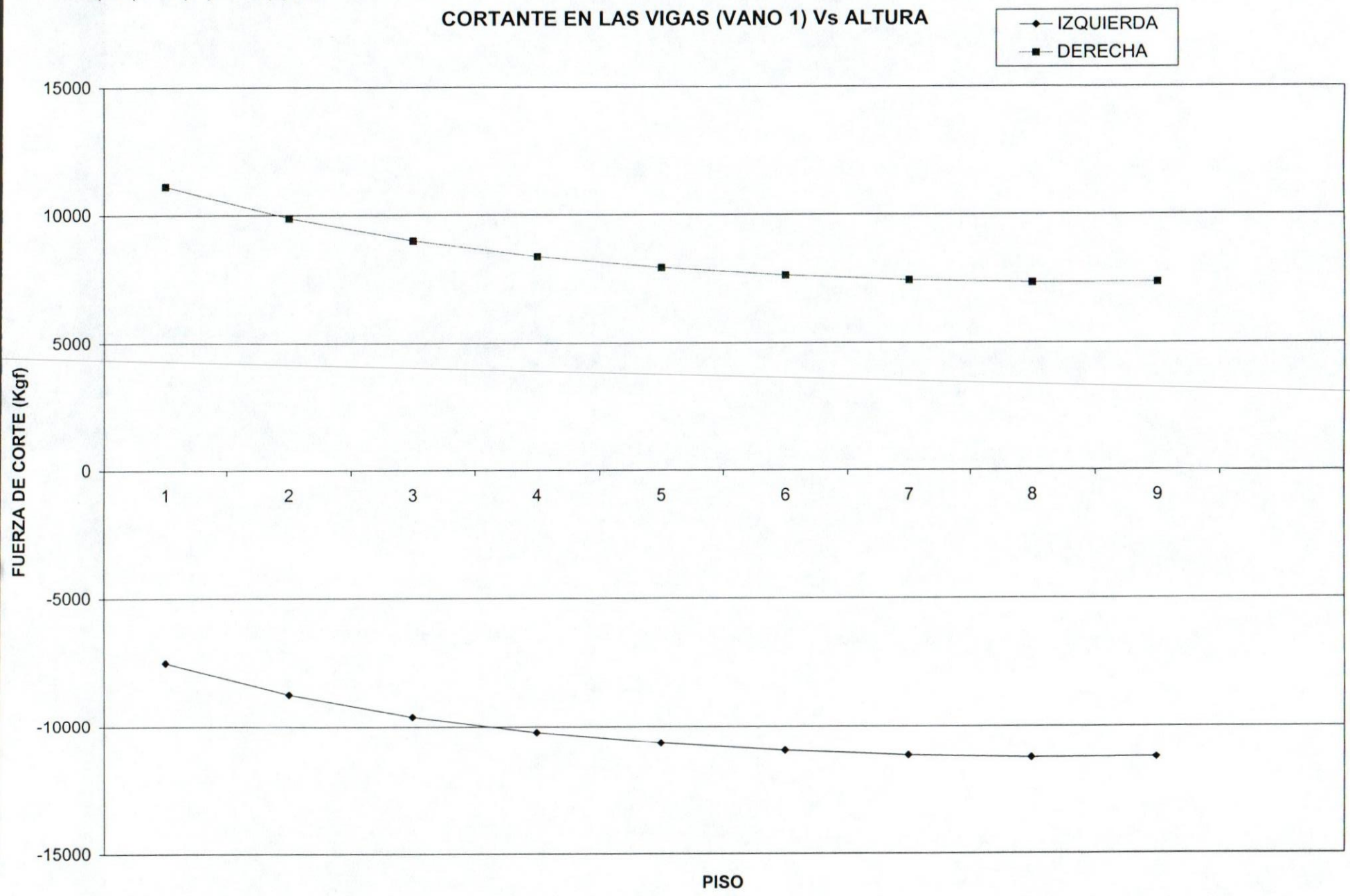
COL(75)VIGA(50)CASO(1).xls



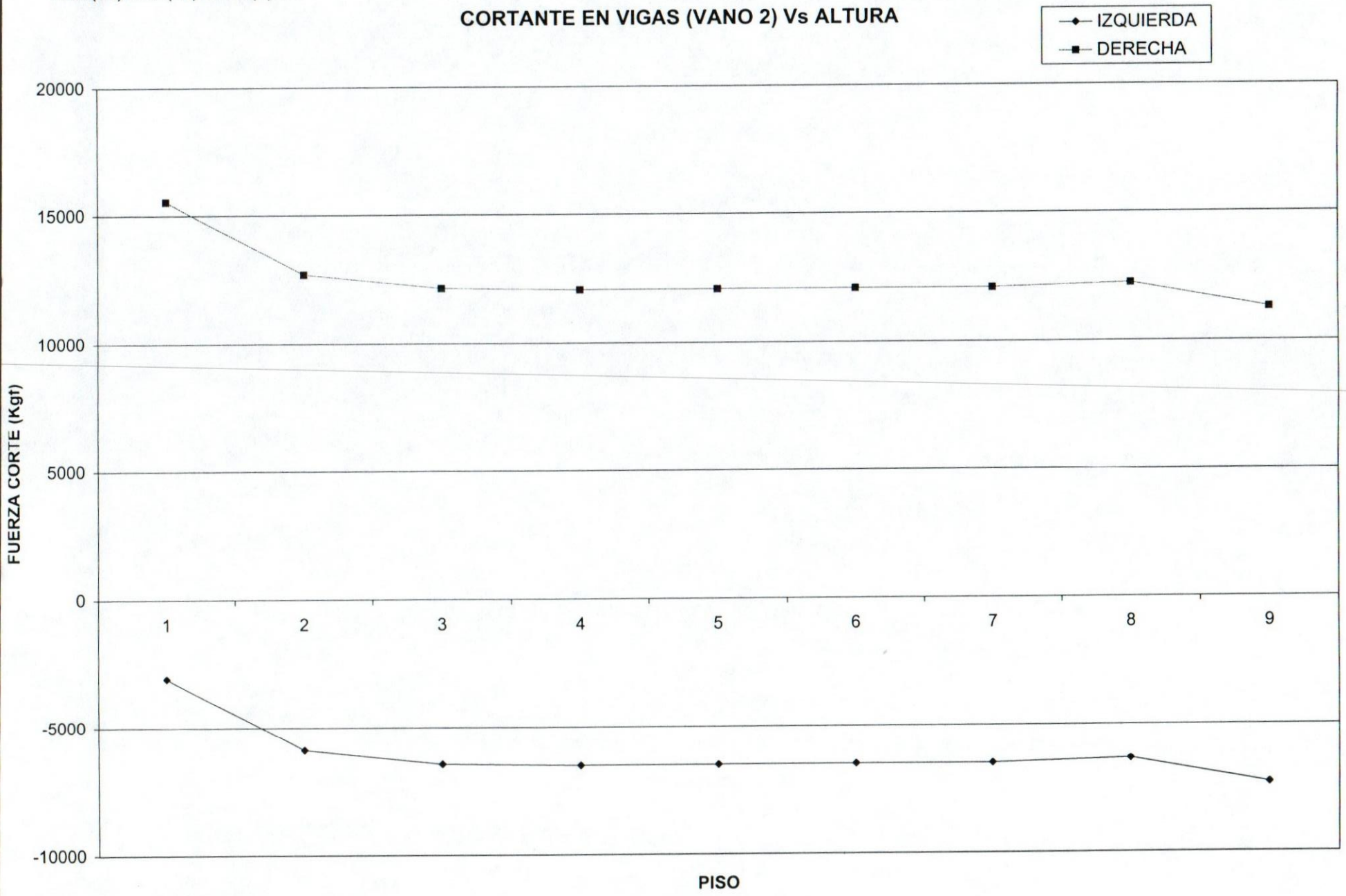
COL(95)VIGA(50)CASO(1).xls



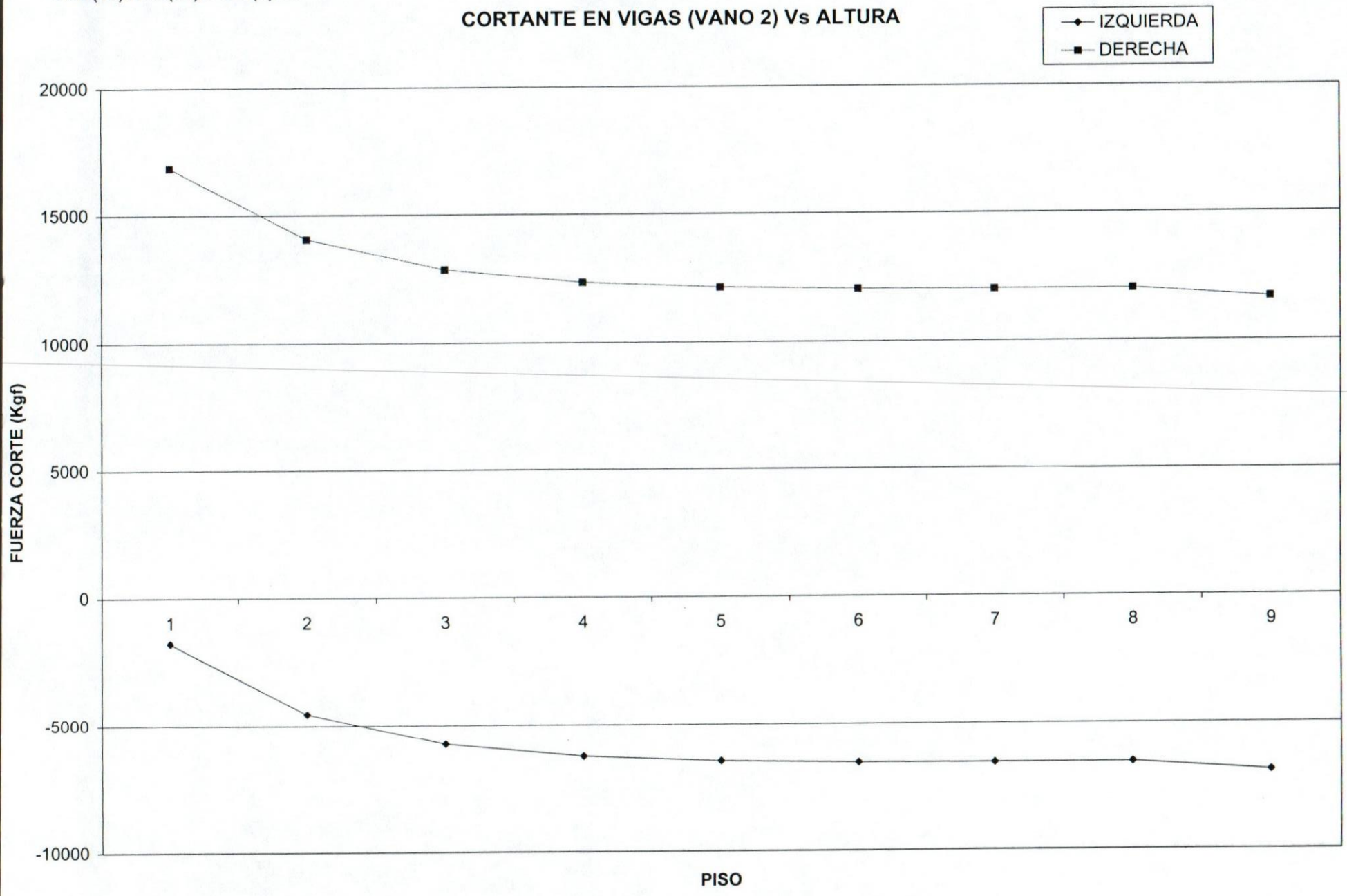
COL(120)VIGA(50)CASO(1).xls



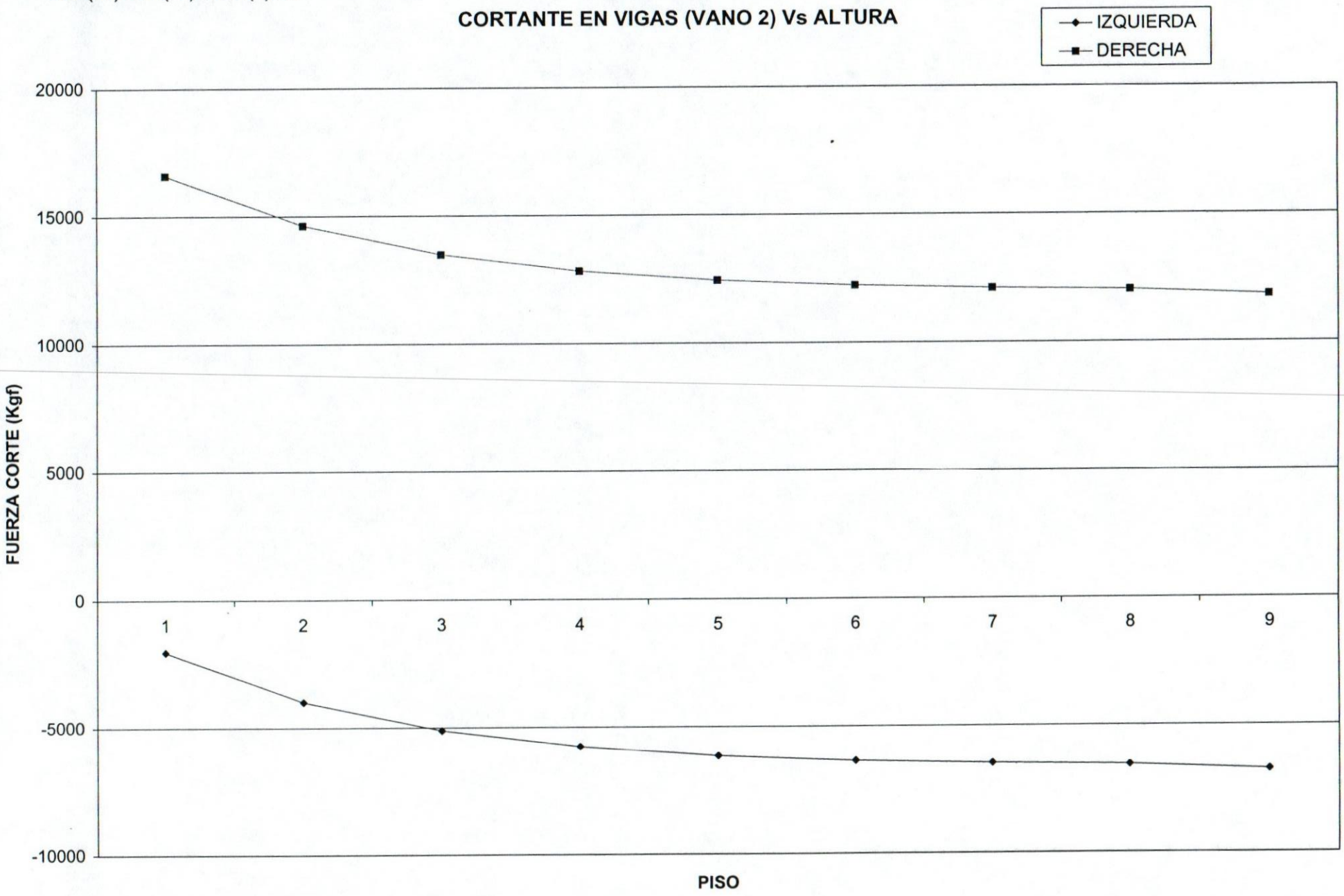
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



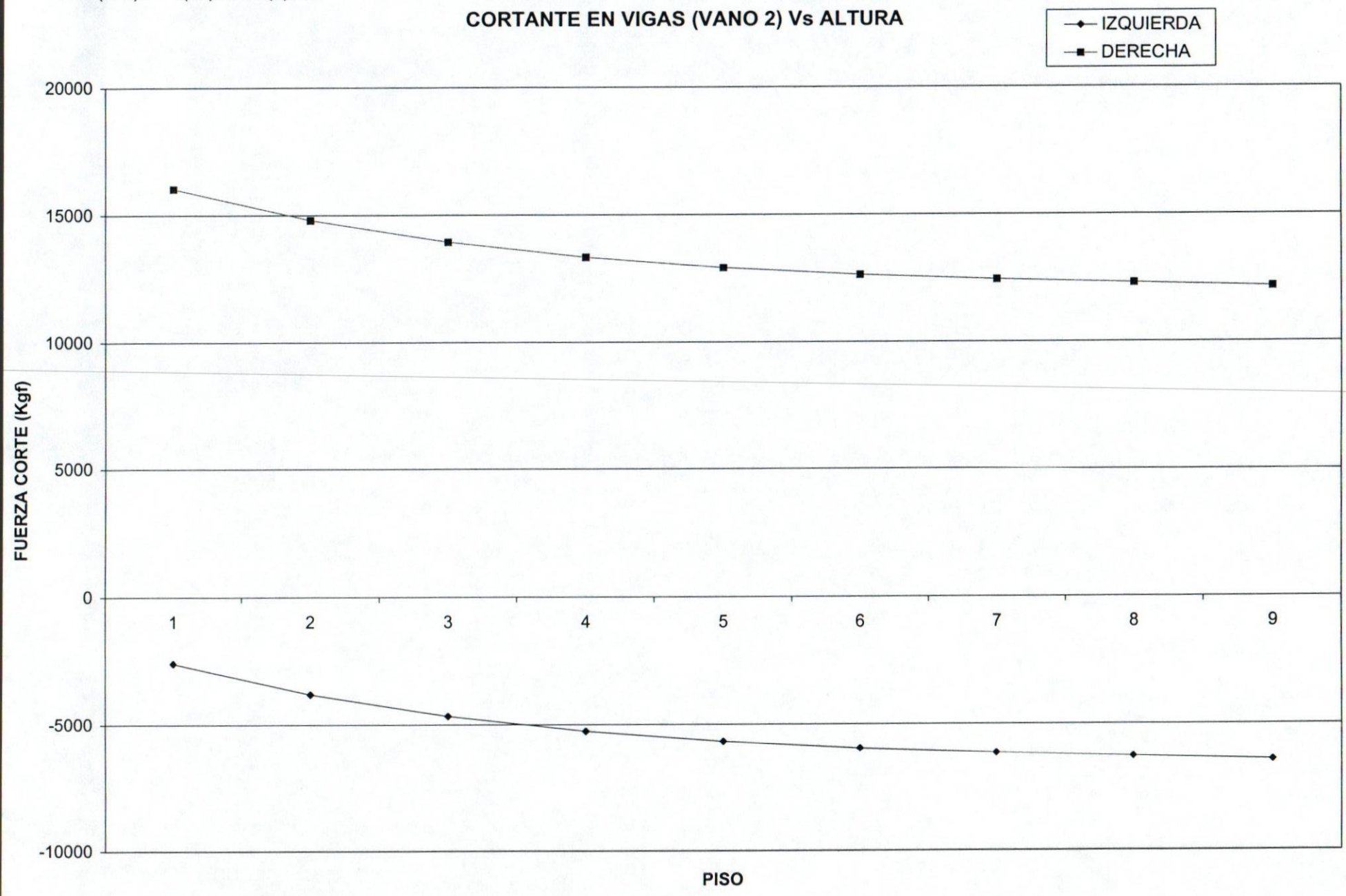
COL(75)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(95)VIGA(50)CASO(1).xls



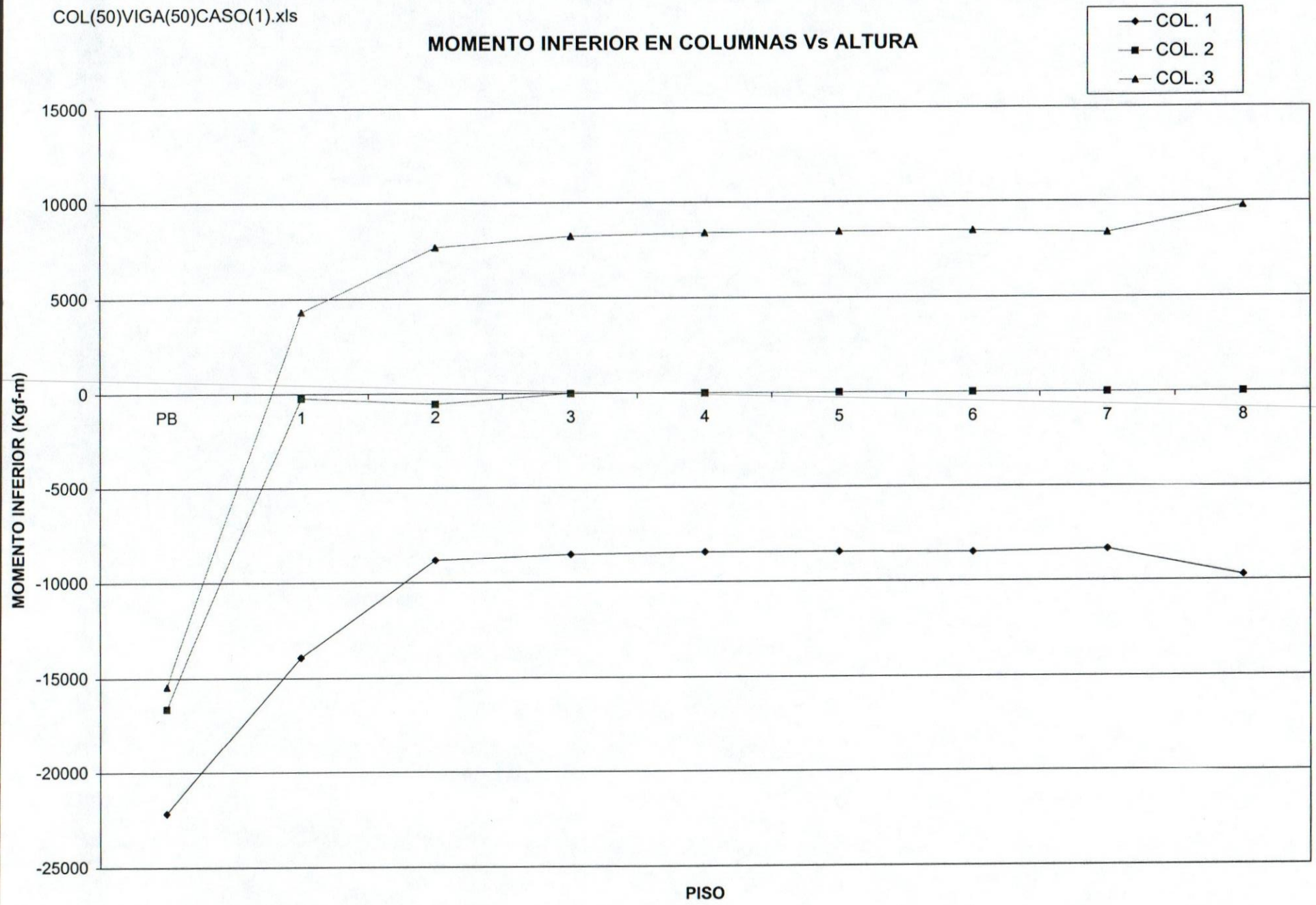
COL(120)VIGA(50)CASO(1).xls



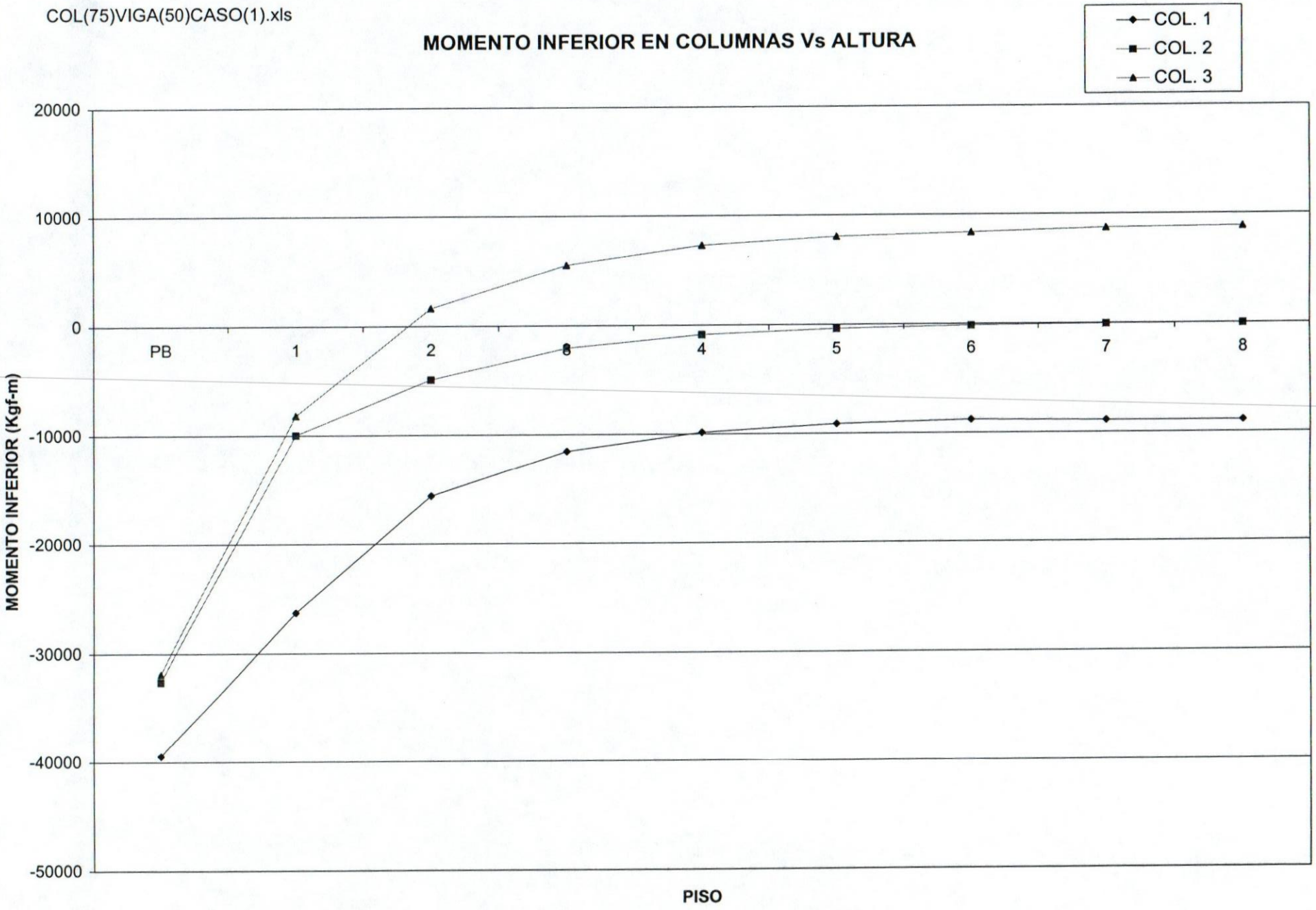
Anexo 9.5

Momento inferior y superior en columnas vs. altura en pórticos con vigas de (50X50) y columnas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

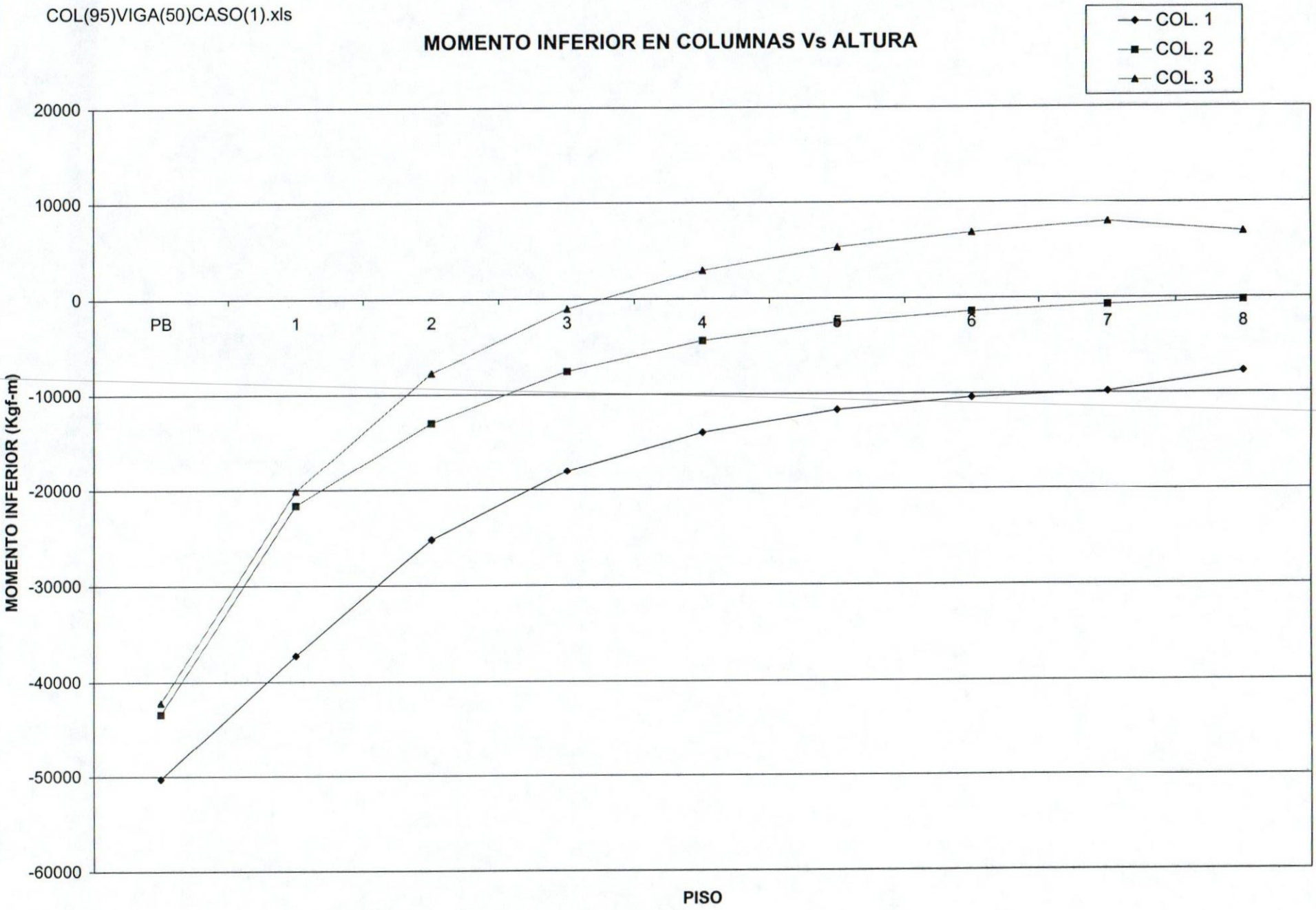
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



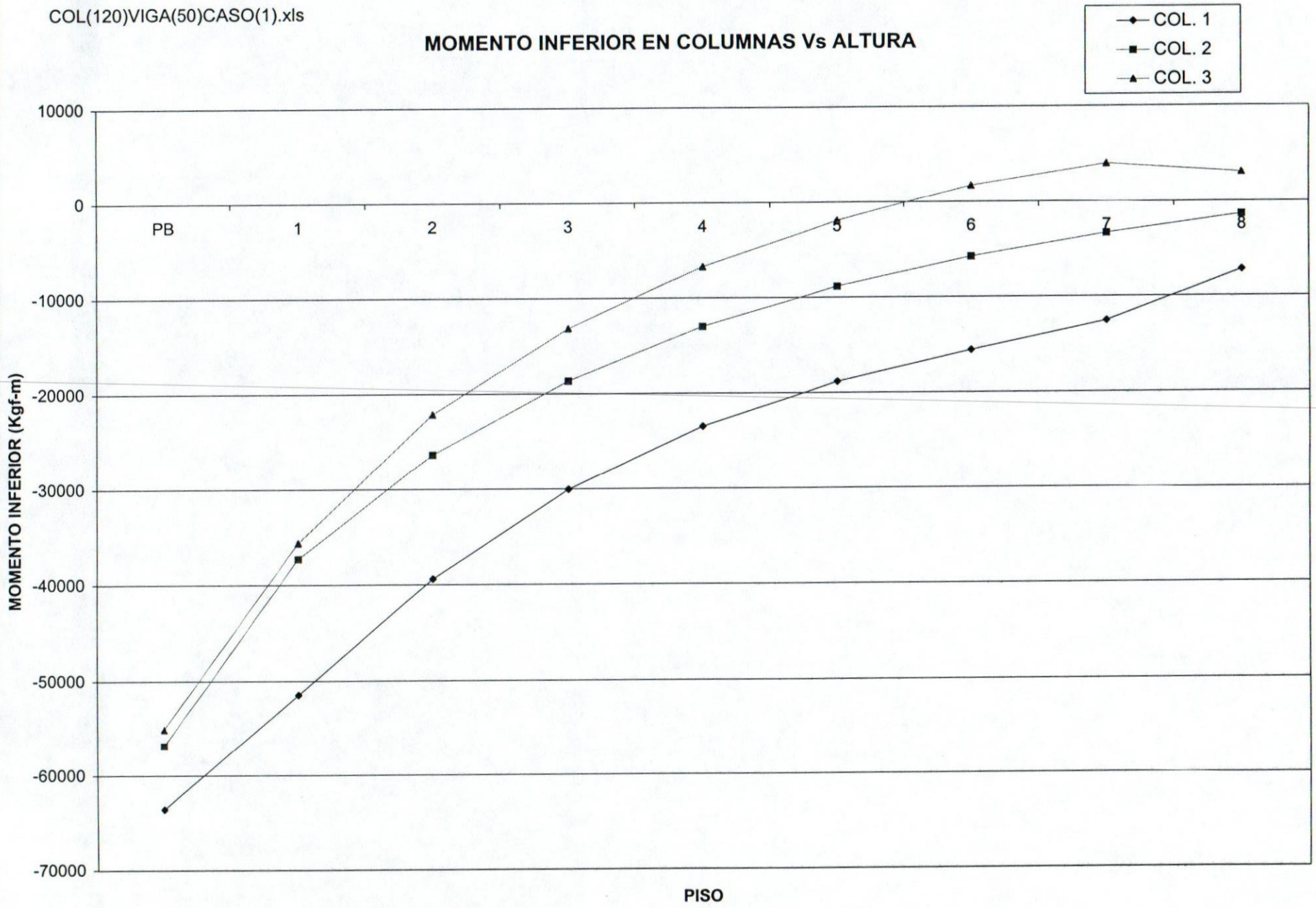
COL(75)VIGA(50)CASO(1).xls



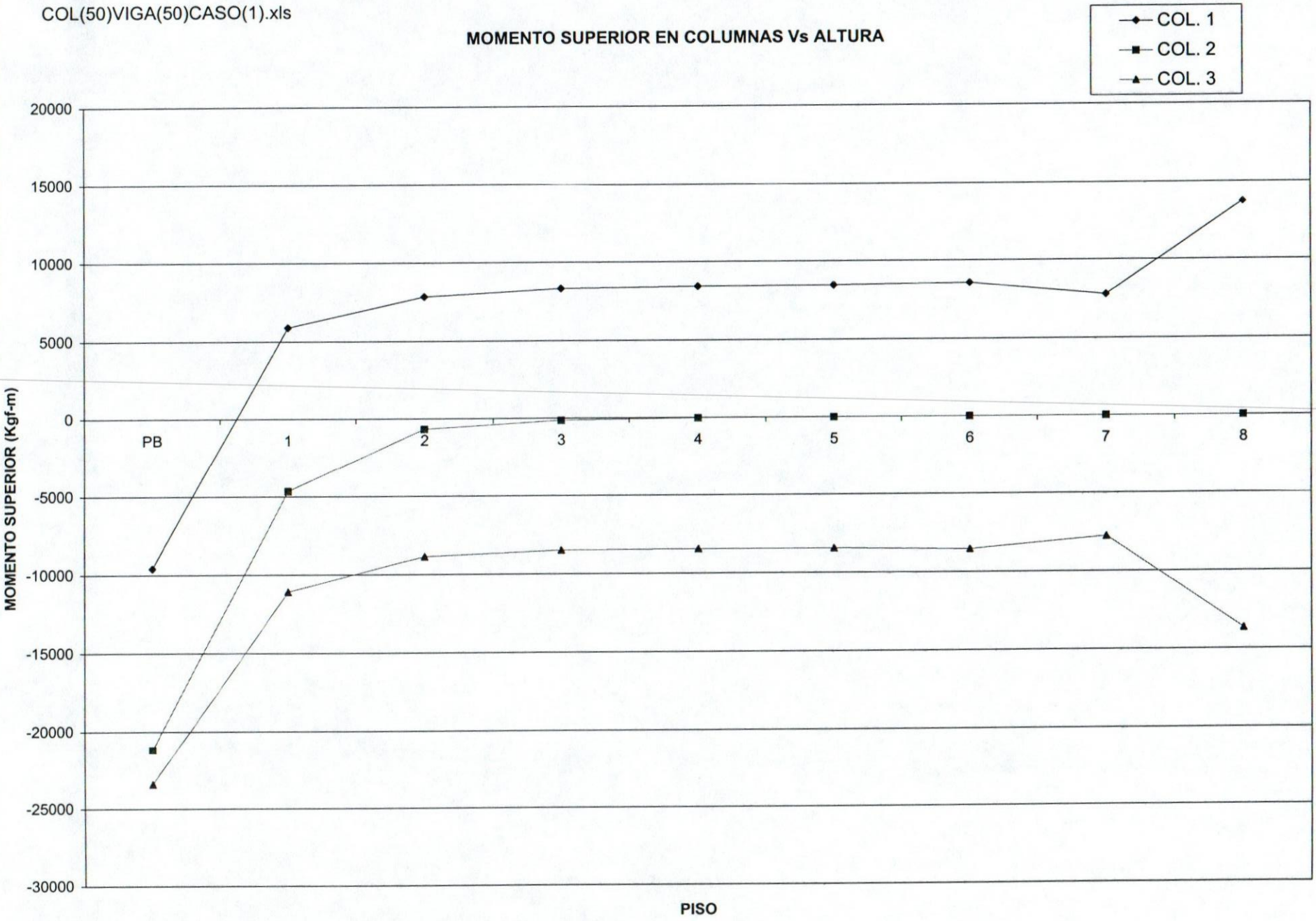
COL(95)VIGA(50)CASO(1).xls



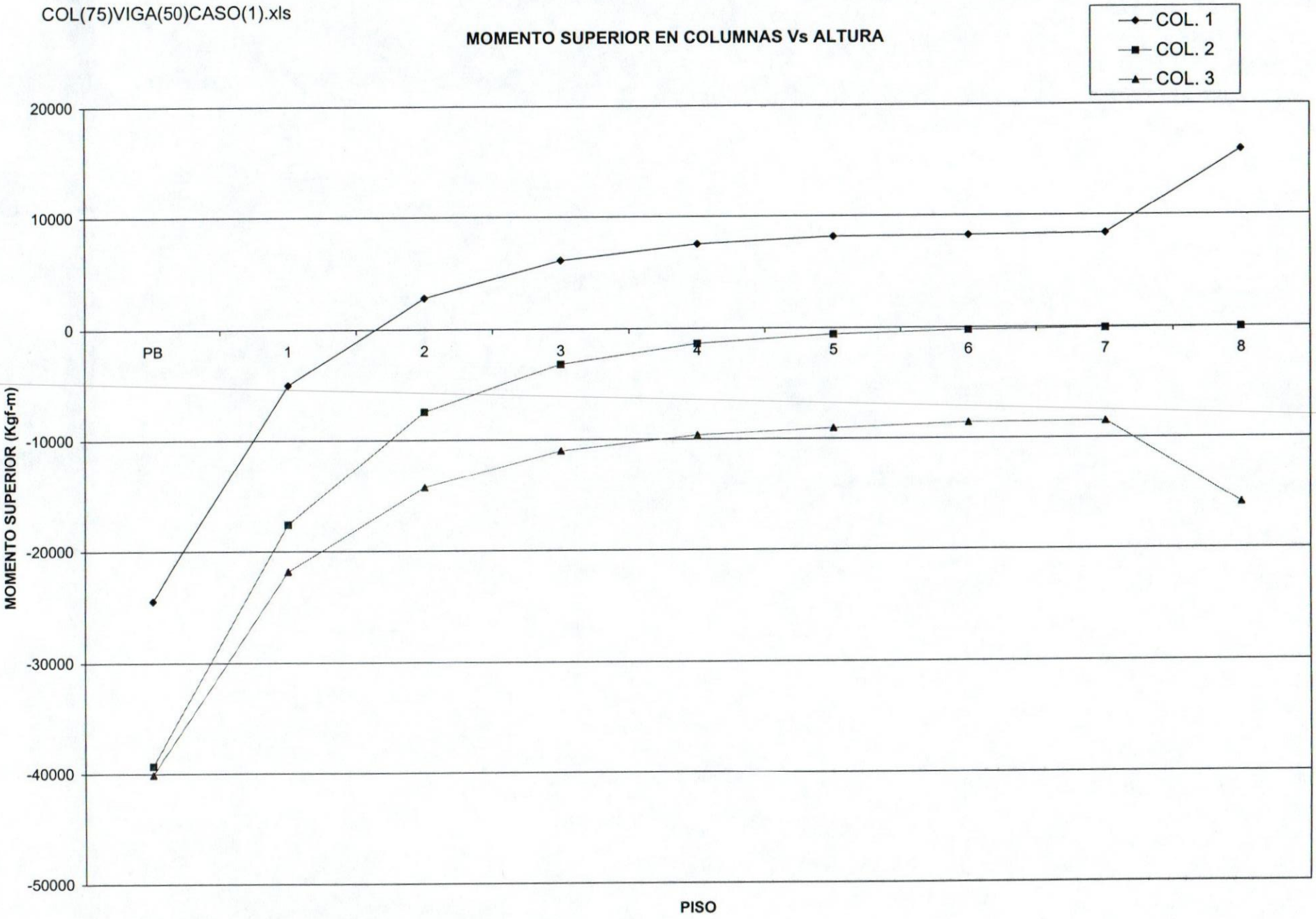
COL(120)VIGA(50)CASO(1).xls



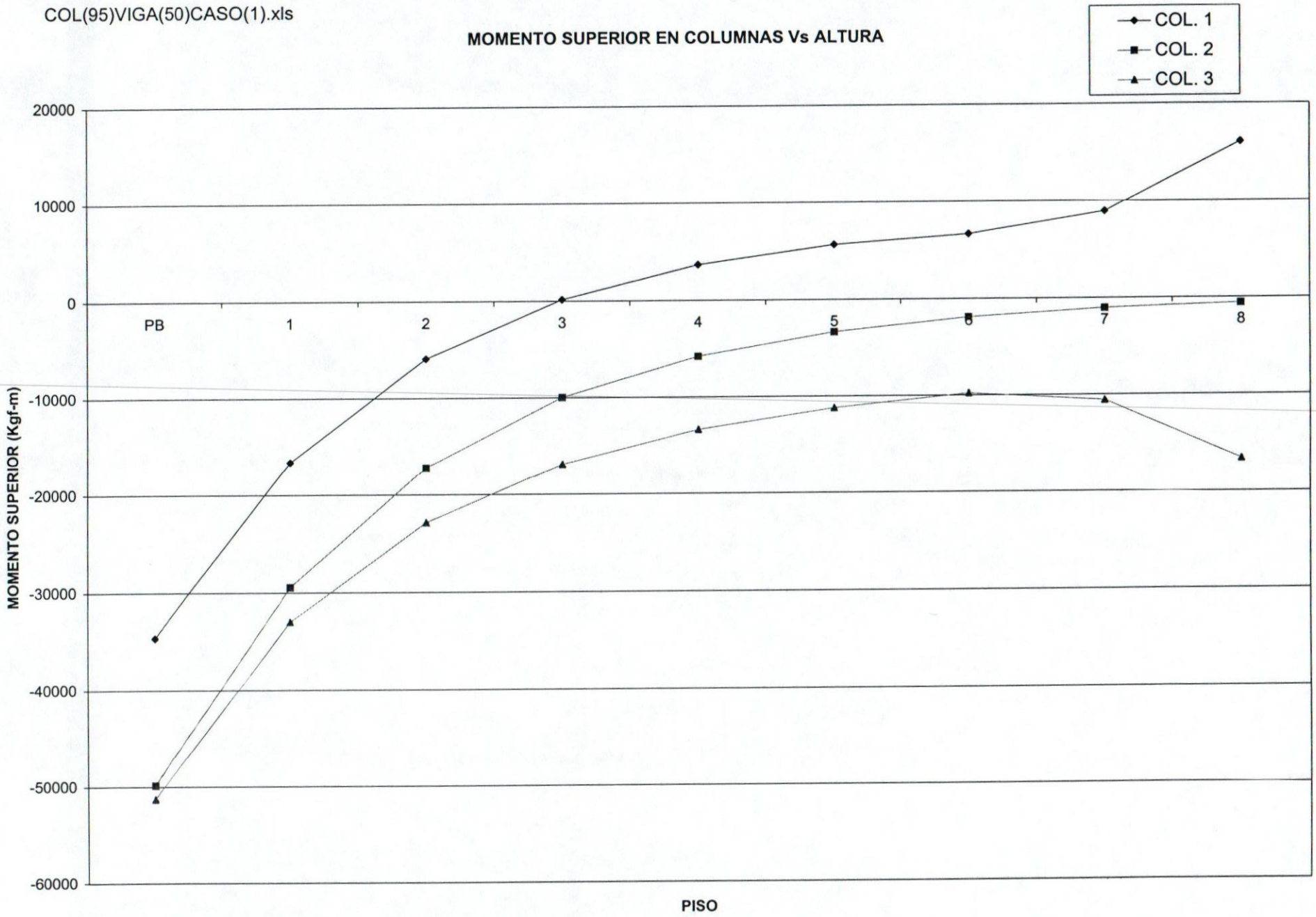
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



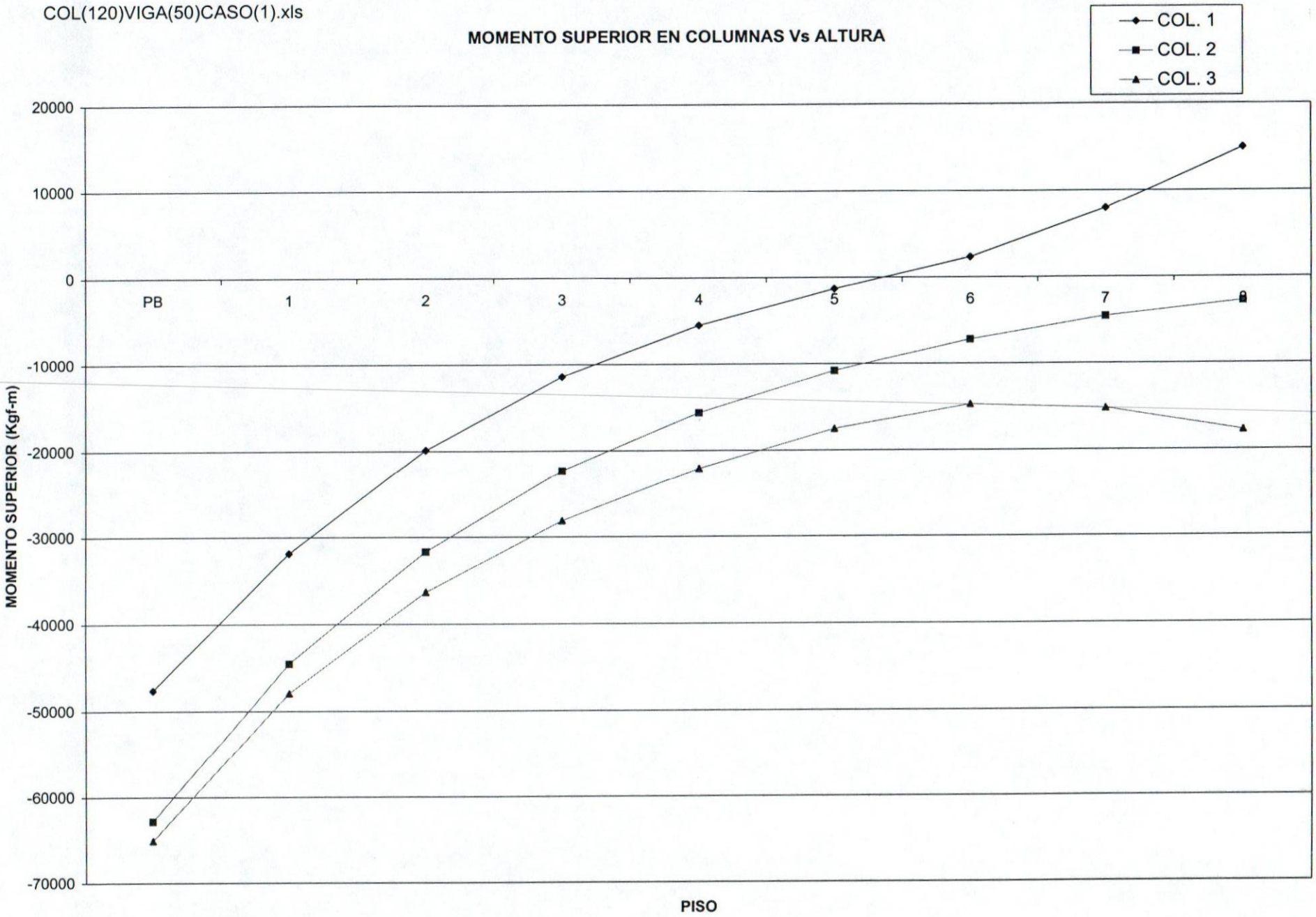
COL(75)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(95)VIGA(50)CASO(1).xls



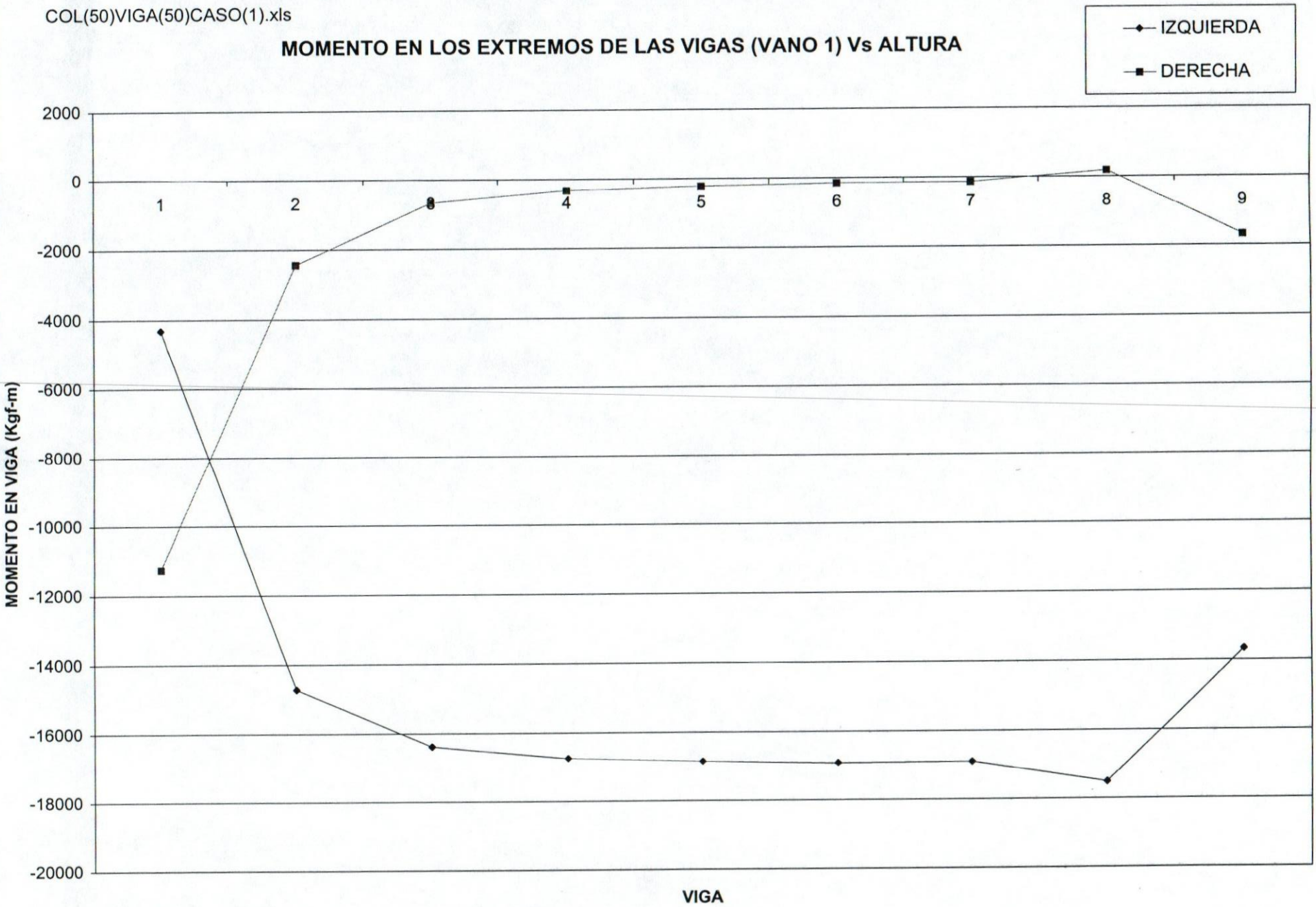
COL(120)VIGA(50)CASO(1).xls



Anexo 9.6

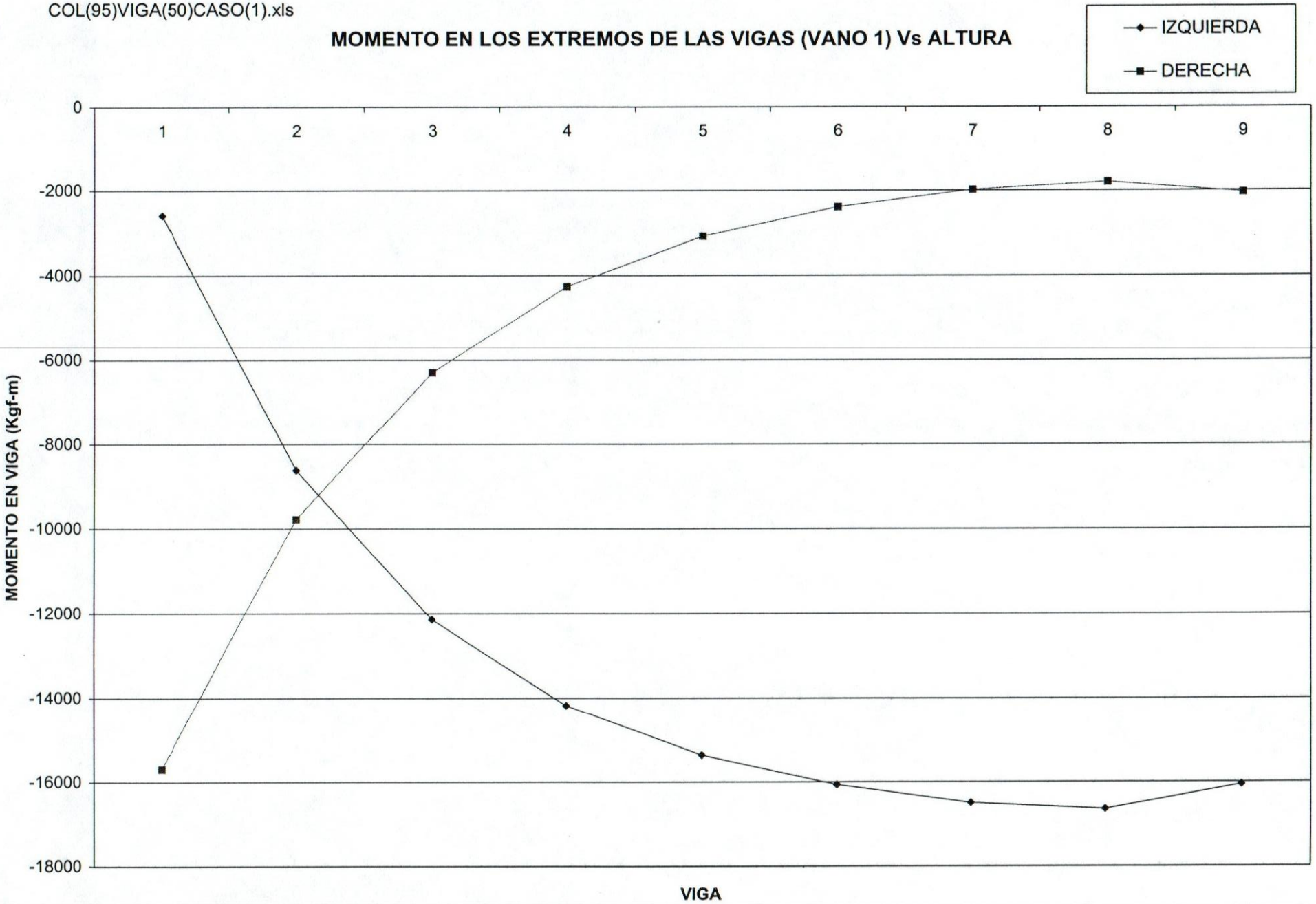
Momento en los extremos de vigas de los vanos 1 y 2 vs. altura en pórticos con vigas de (50X50) y columnas de (50x50, 75x75, 95x95, 120x120) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls

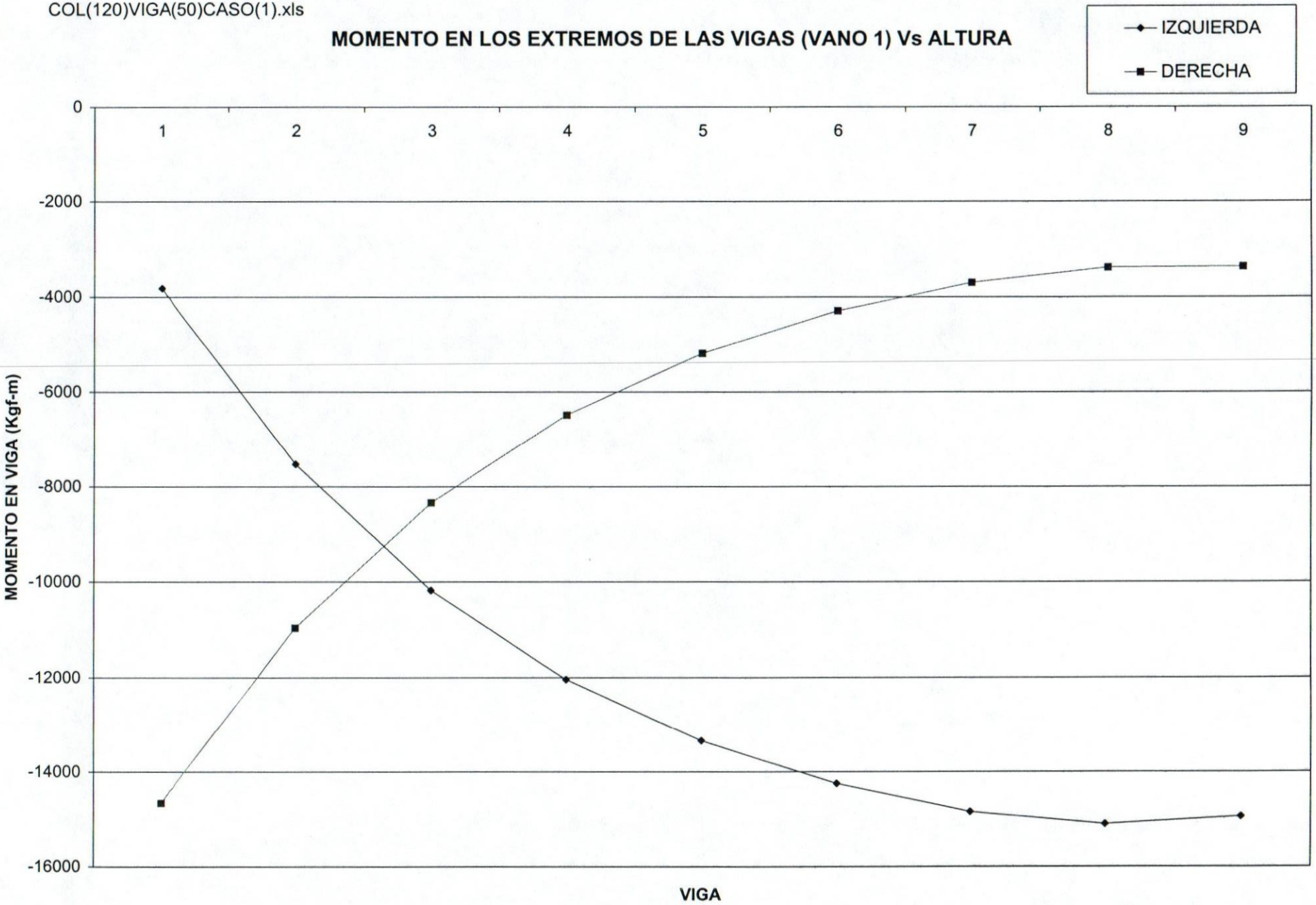


COL(75)VIGA(50)CASO(1).xls

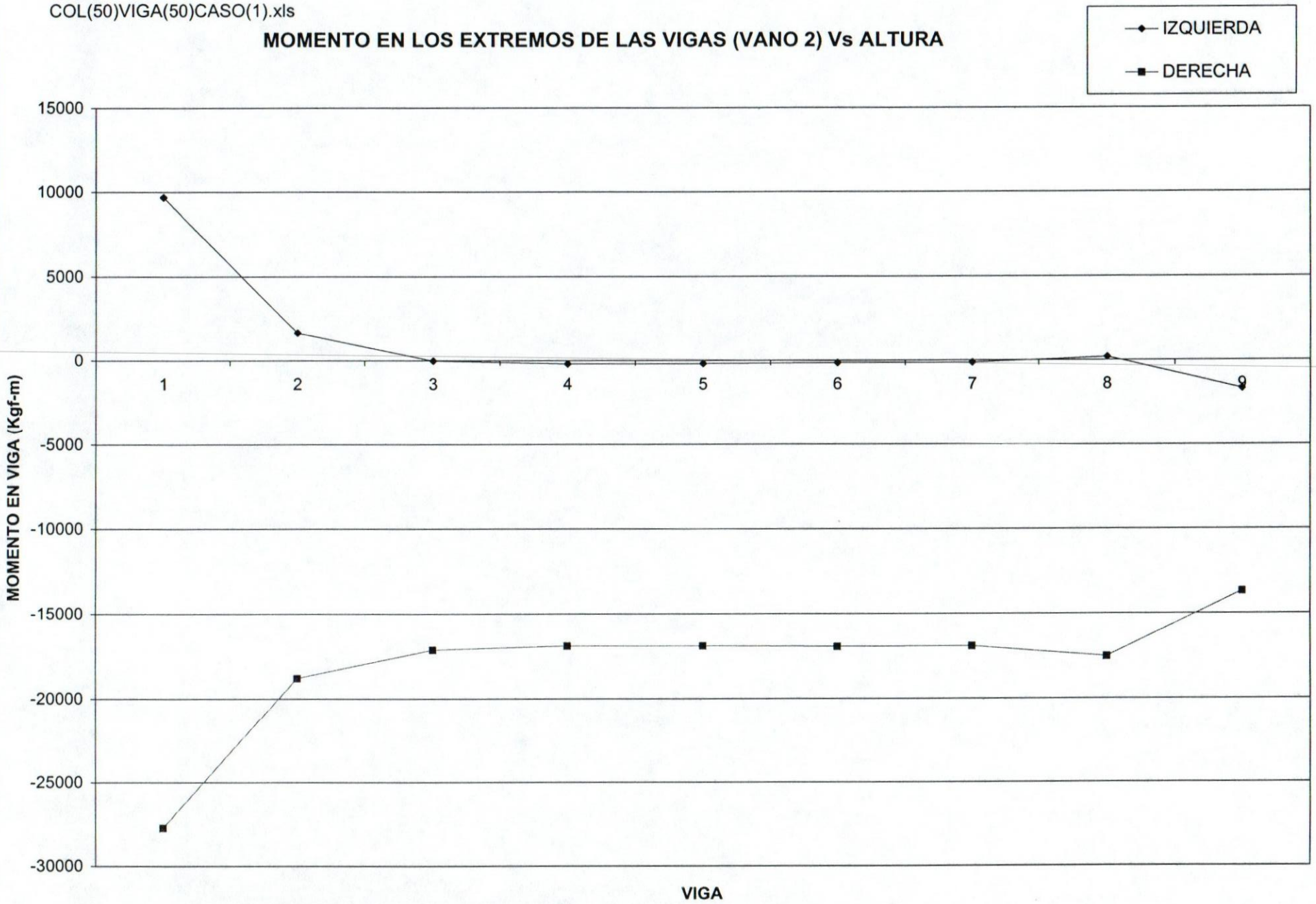
COL(95)VIGA(50)CASO(1).xls



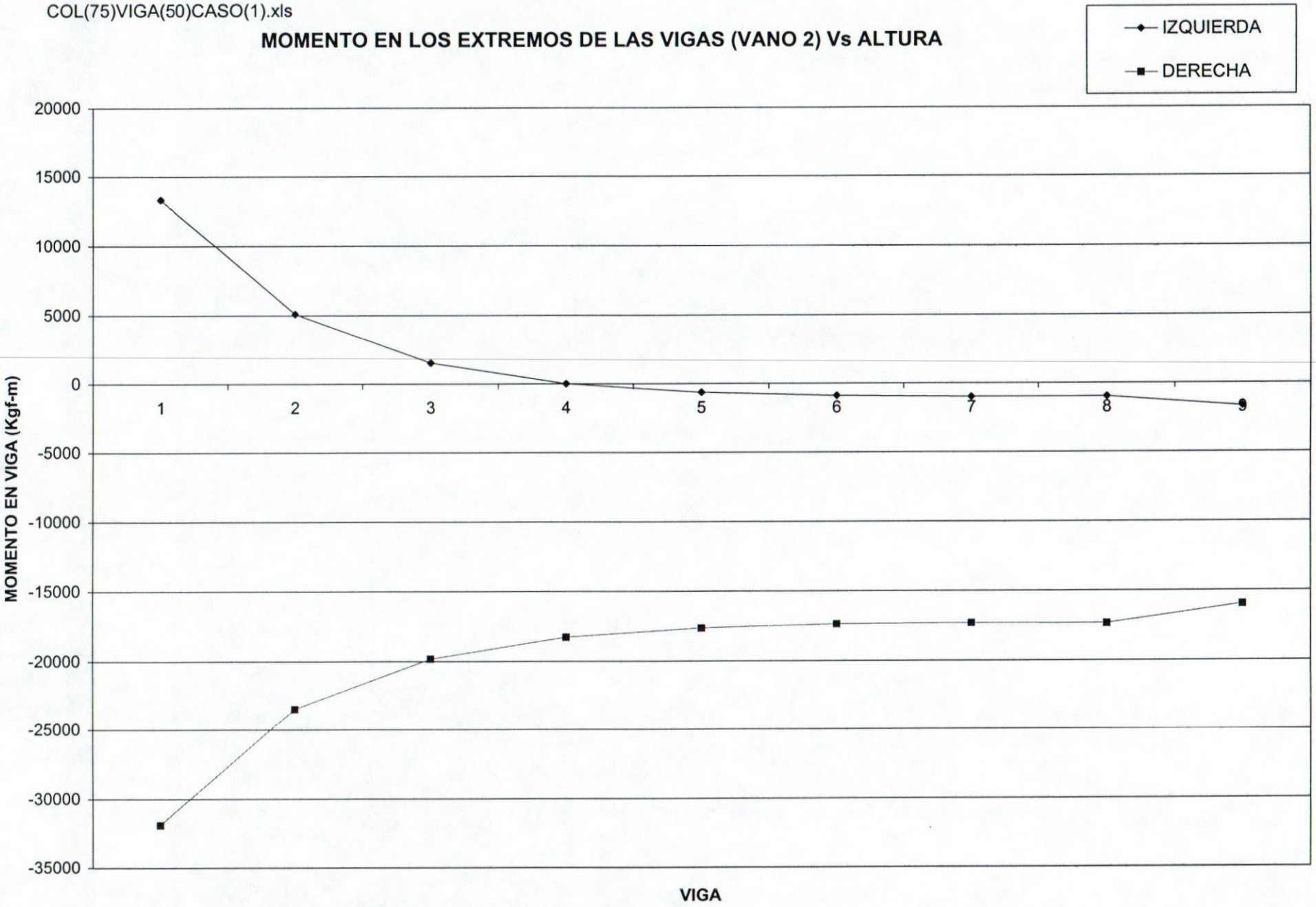
COL(120)VIGA(50)CASO(1).xls



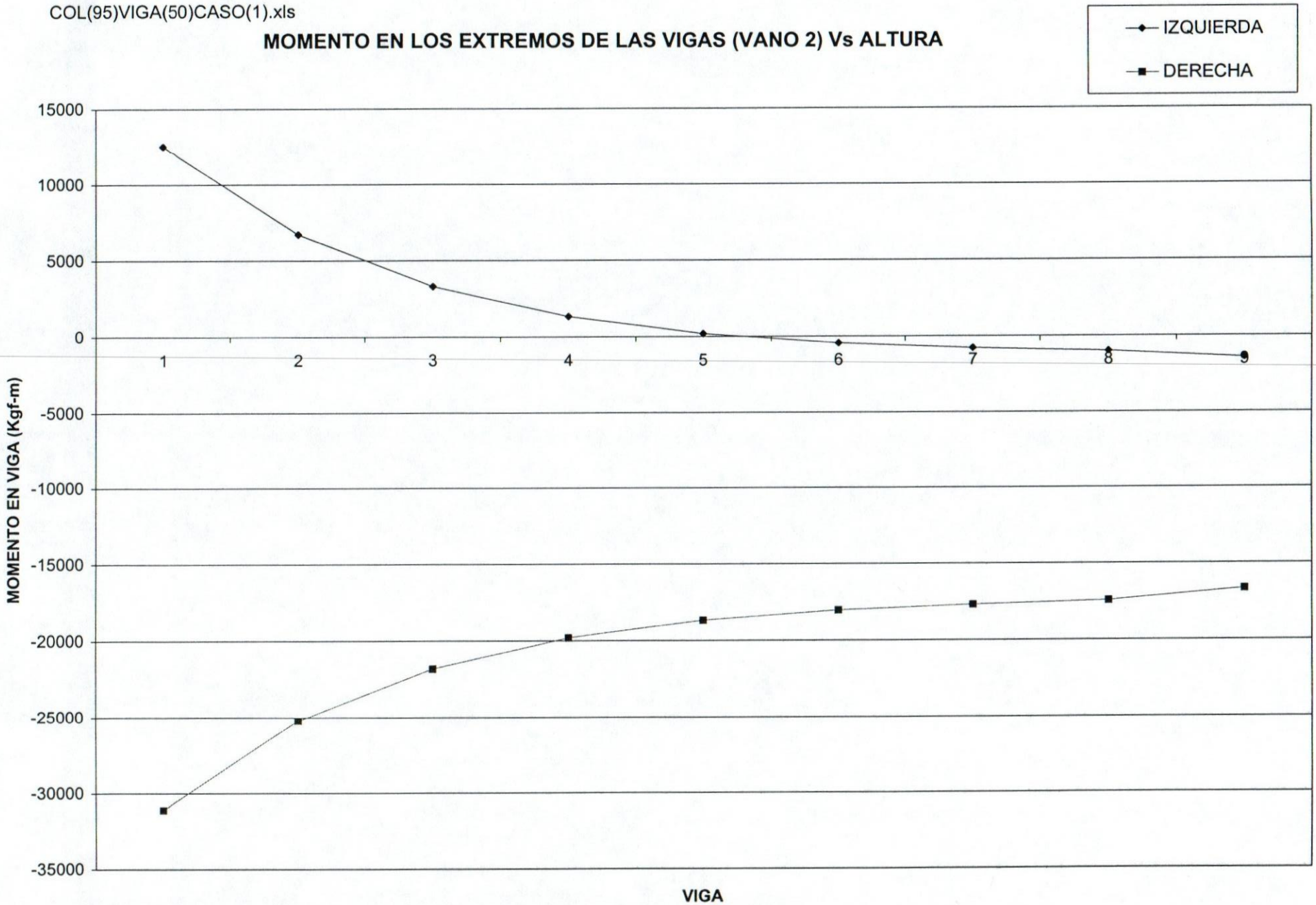
COL(50)VIGA(50)CASO(1).xls



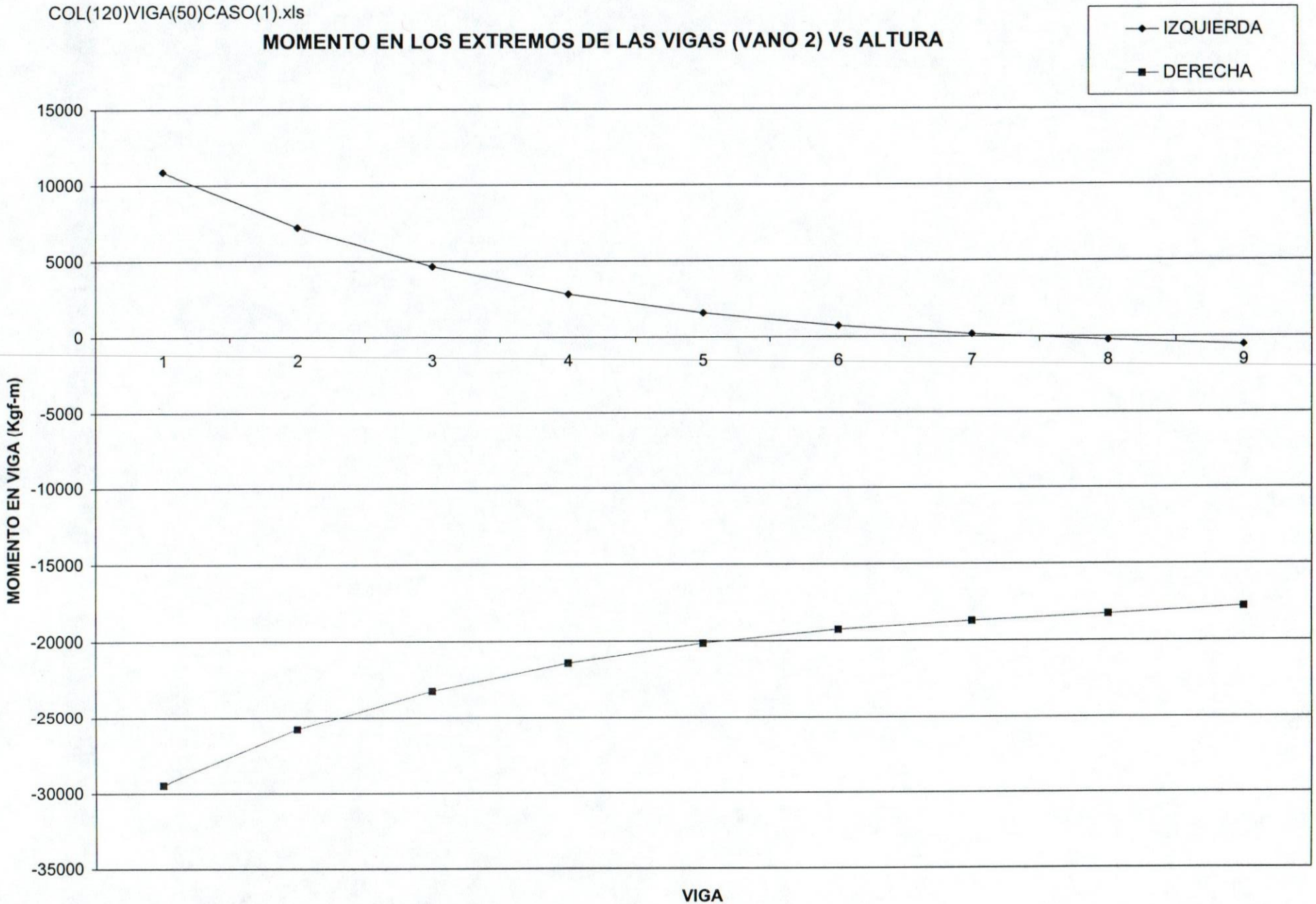
COL(75)VIGA(50)CASO(1).xls



COL(95)VIGA(50)CASO(1).xls

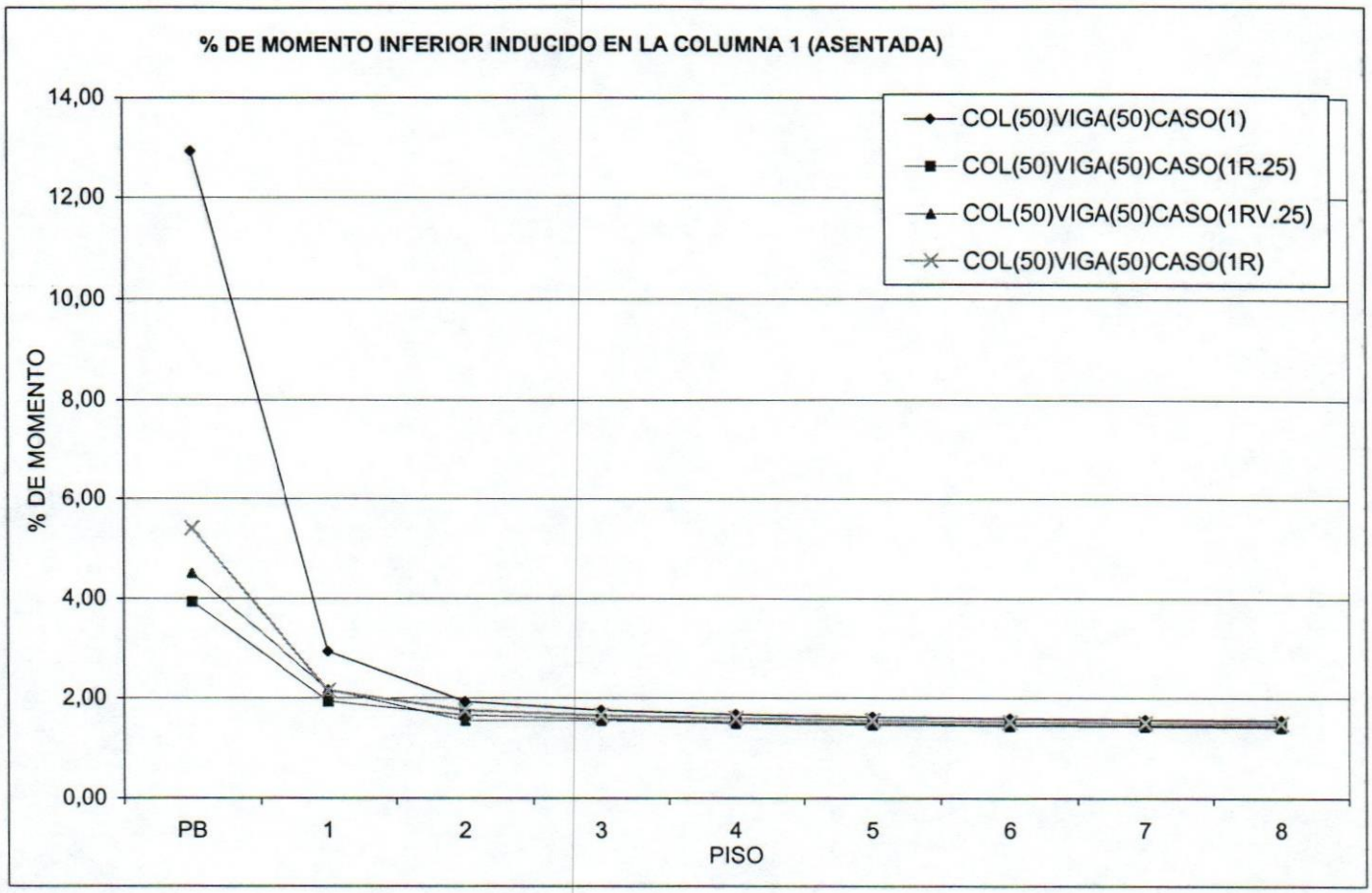


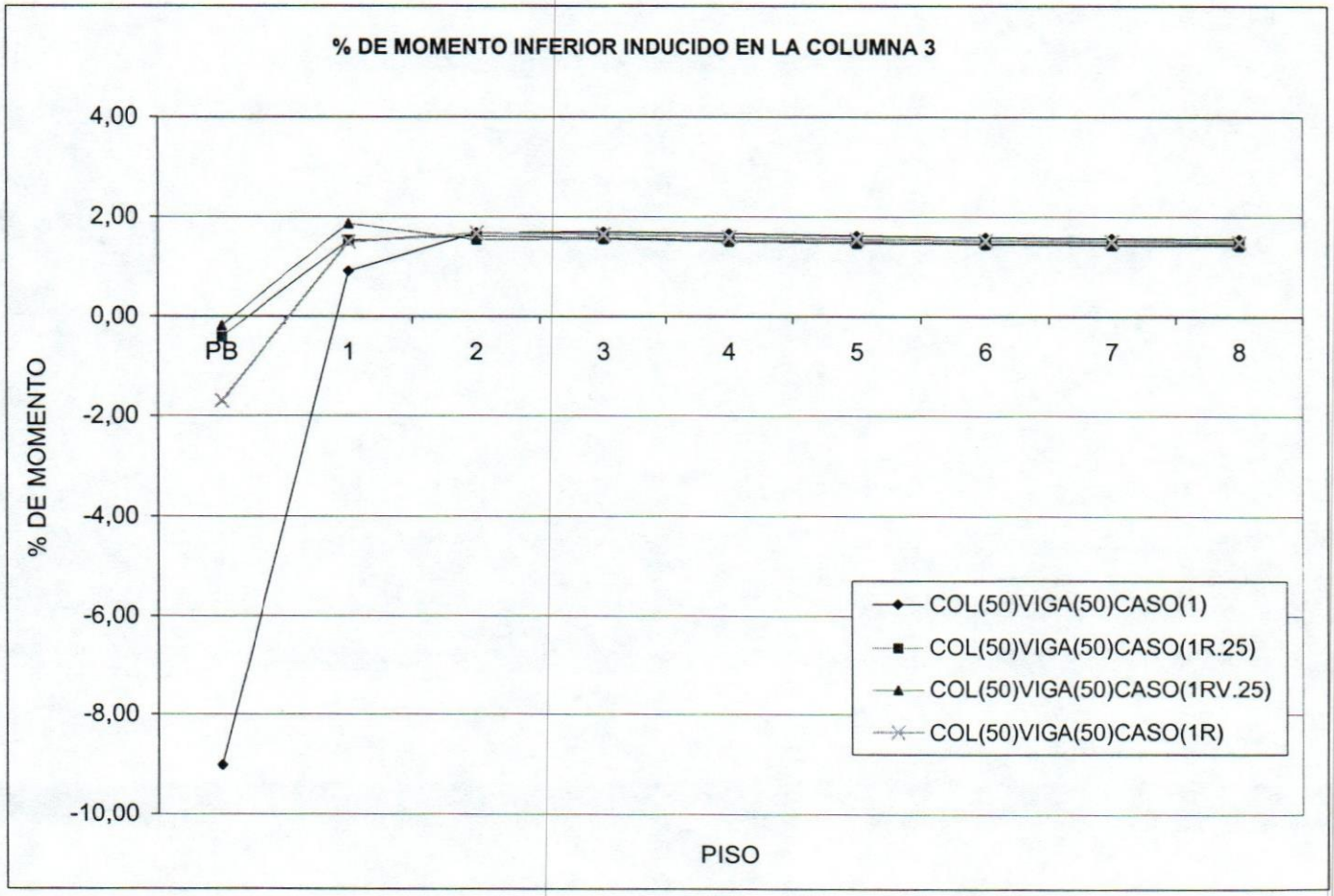
COL(120)VIGA(50)CASO(1).xls

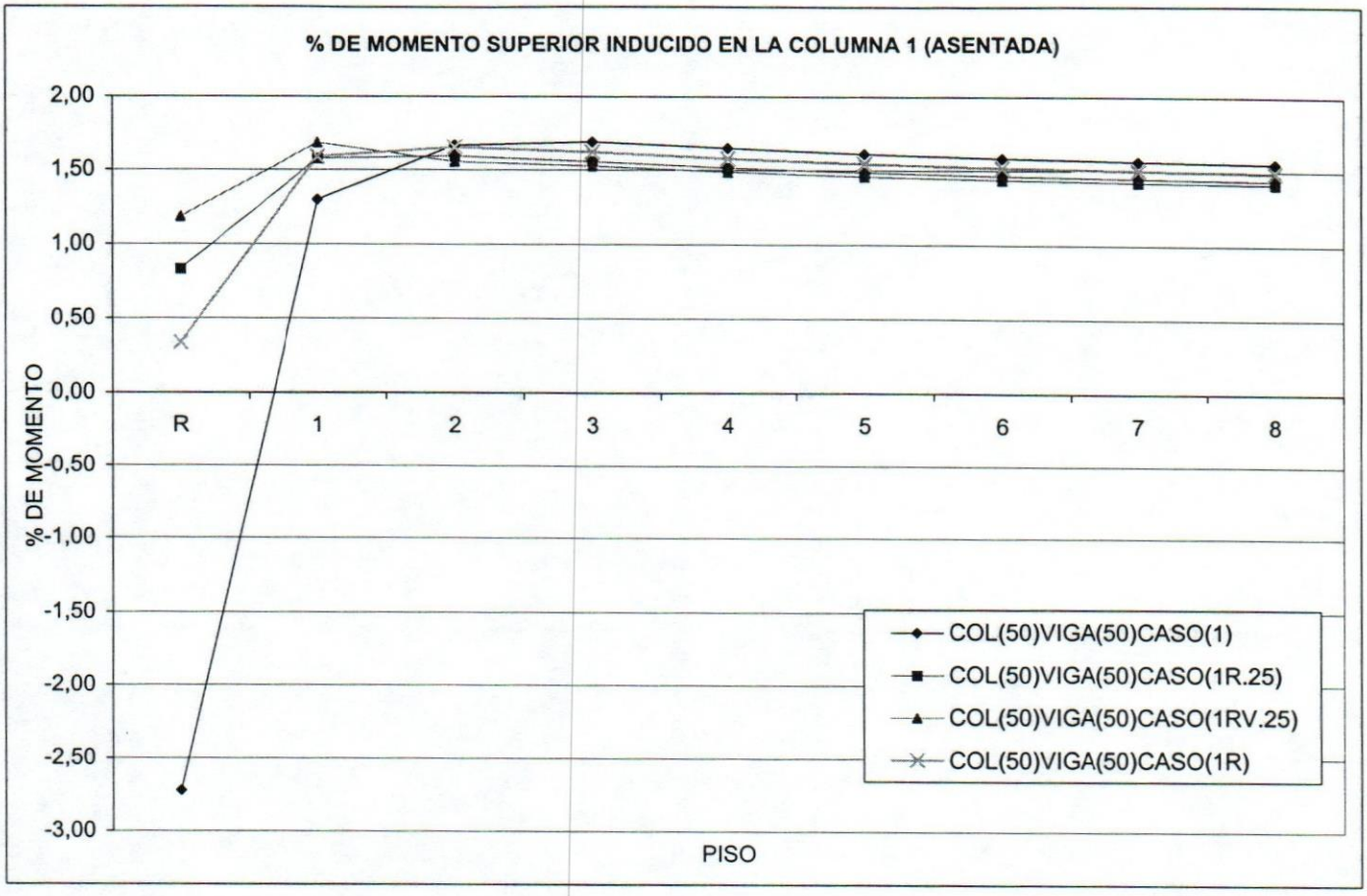


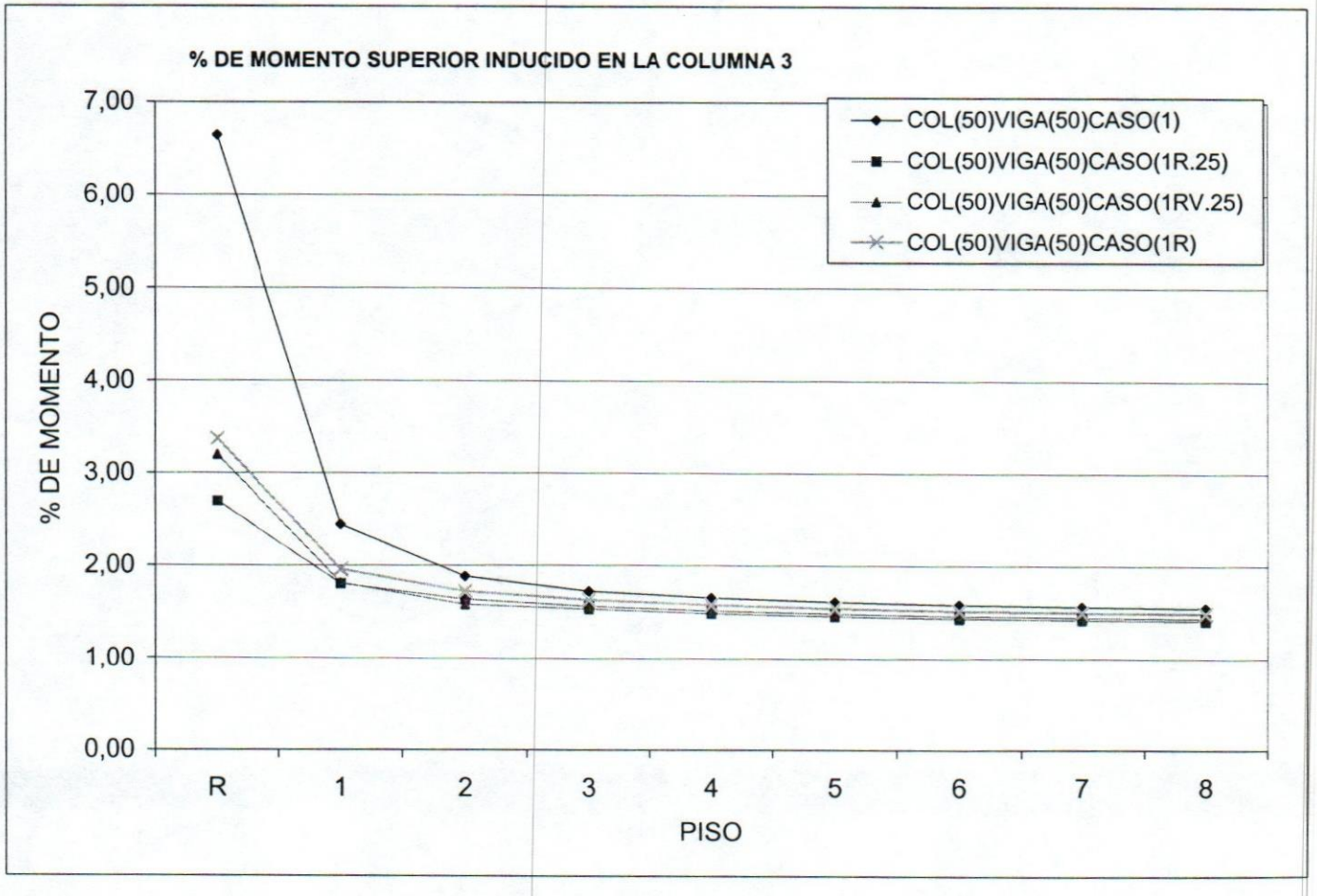
ANEXO 10

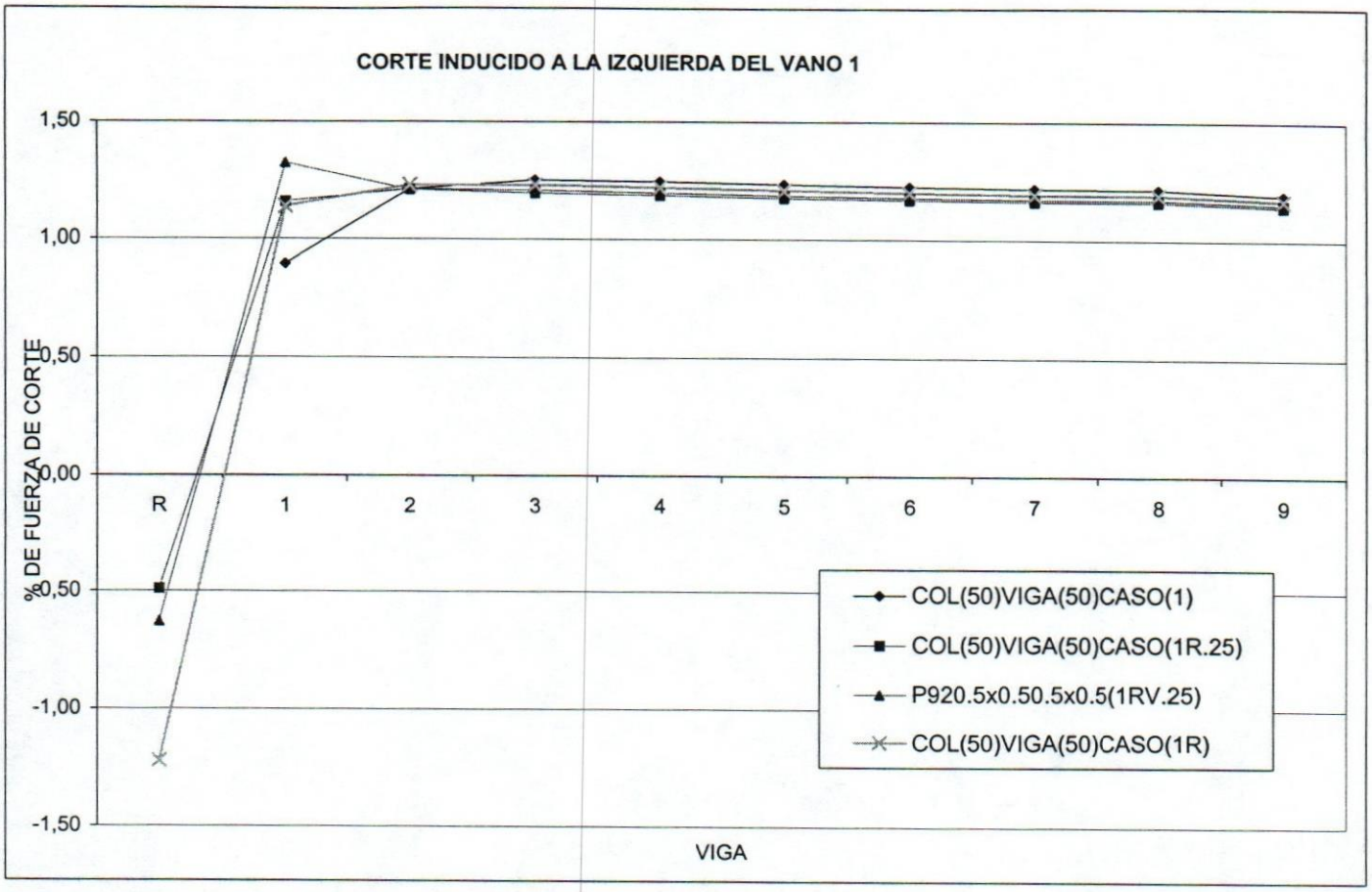
Aporte estructural de la riostra para los casos (R, R.25, RV.25), en pórticos con vigas de (50X50) y columnas de (50x50) sometidos a una rigidez relativa constante, caso (1).

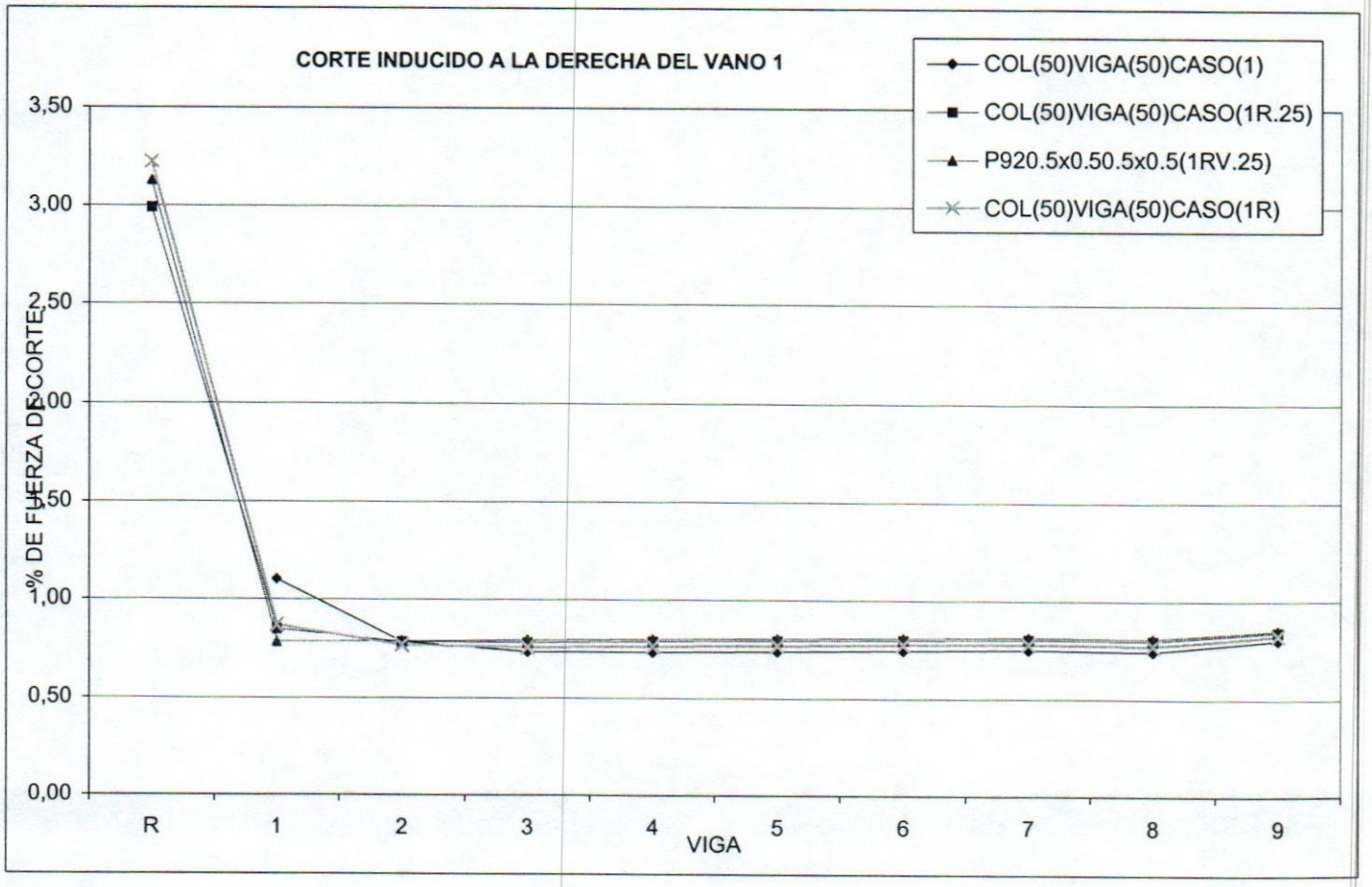

% DE MOMENTO INFERIOR INDUCIDO EN LA COLUMNA 1 (ASENTADA)
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
% DE MOMENTO
PB
1
2
3
4
5
6
7
8
PISO
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)

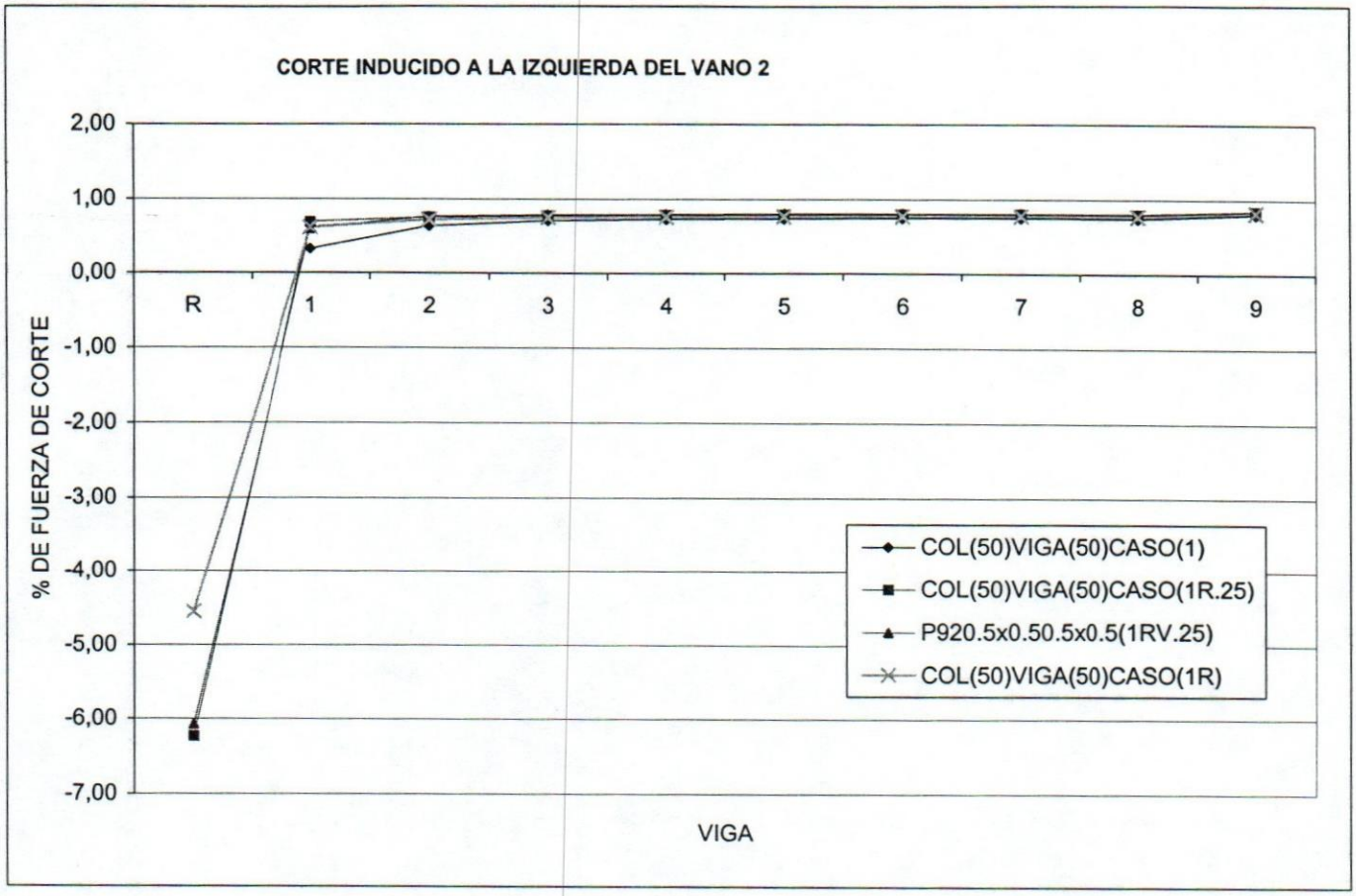

% DE MOMENTO INFERIOR INDUCIDO EN LA COLUMNA 3
4,00
2,00
0,00
-2,00
-4,00
-6,00
-8,00
-10,00
% DE MOMENTO
PB
1
2
3
4
5
6
7
8
PISO
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)

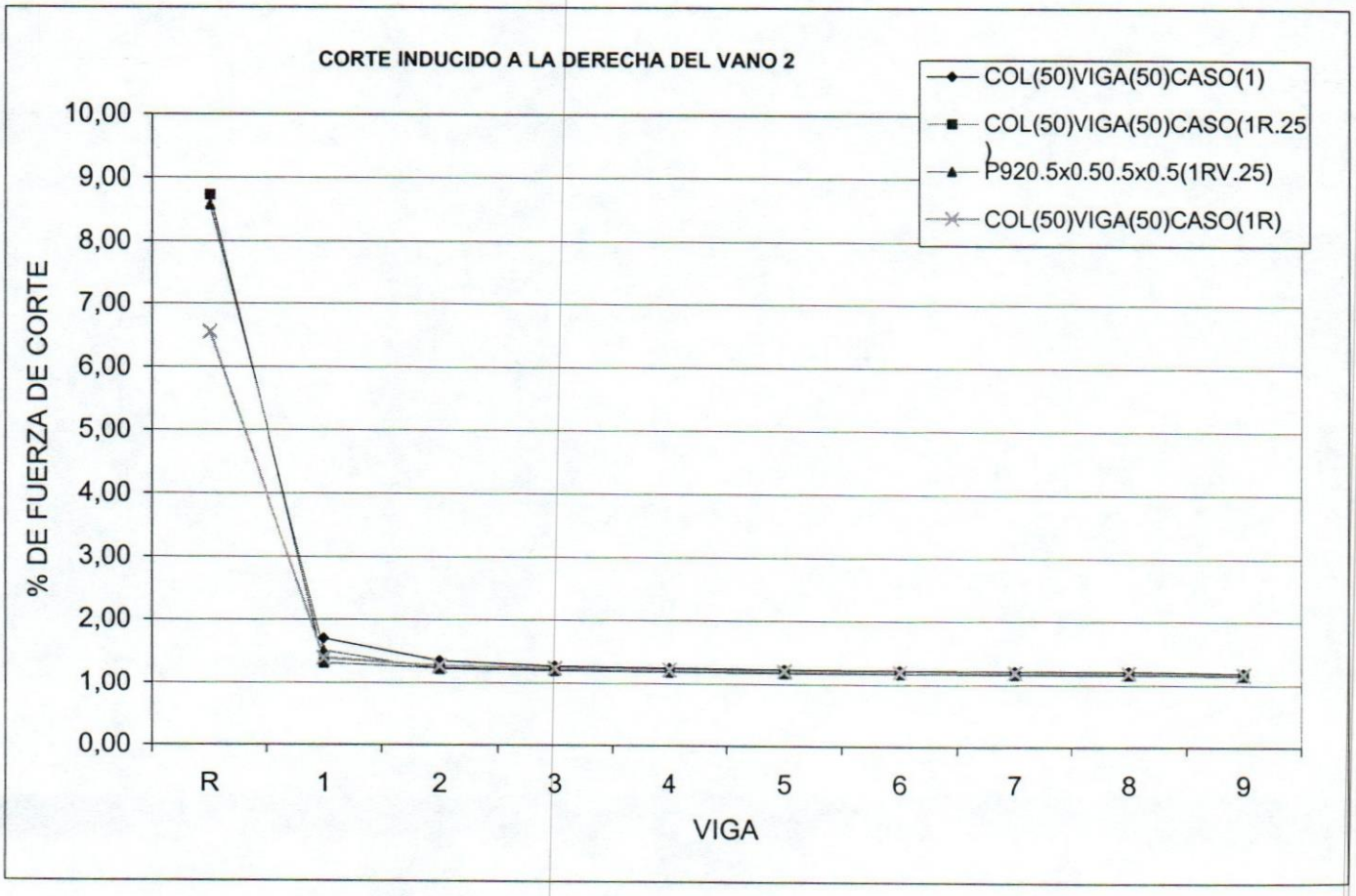

% DE MOMENTO SUPERIOR INDUCIDO EN LA COLUMNA 1 (ASENTADA)
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
-0,50
-1,00
-1,50
-2,00
-2,50
-3,00
% DE MOMENTO
R
1
2
3
4
5
6
7
8
PISO
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)

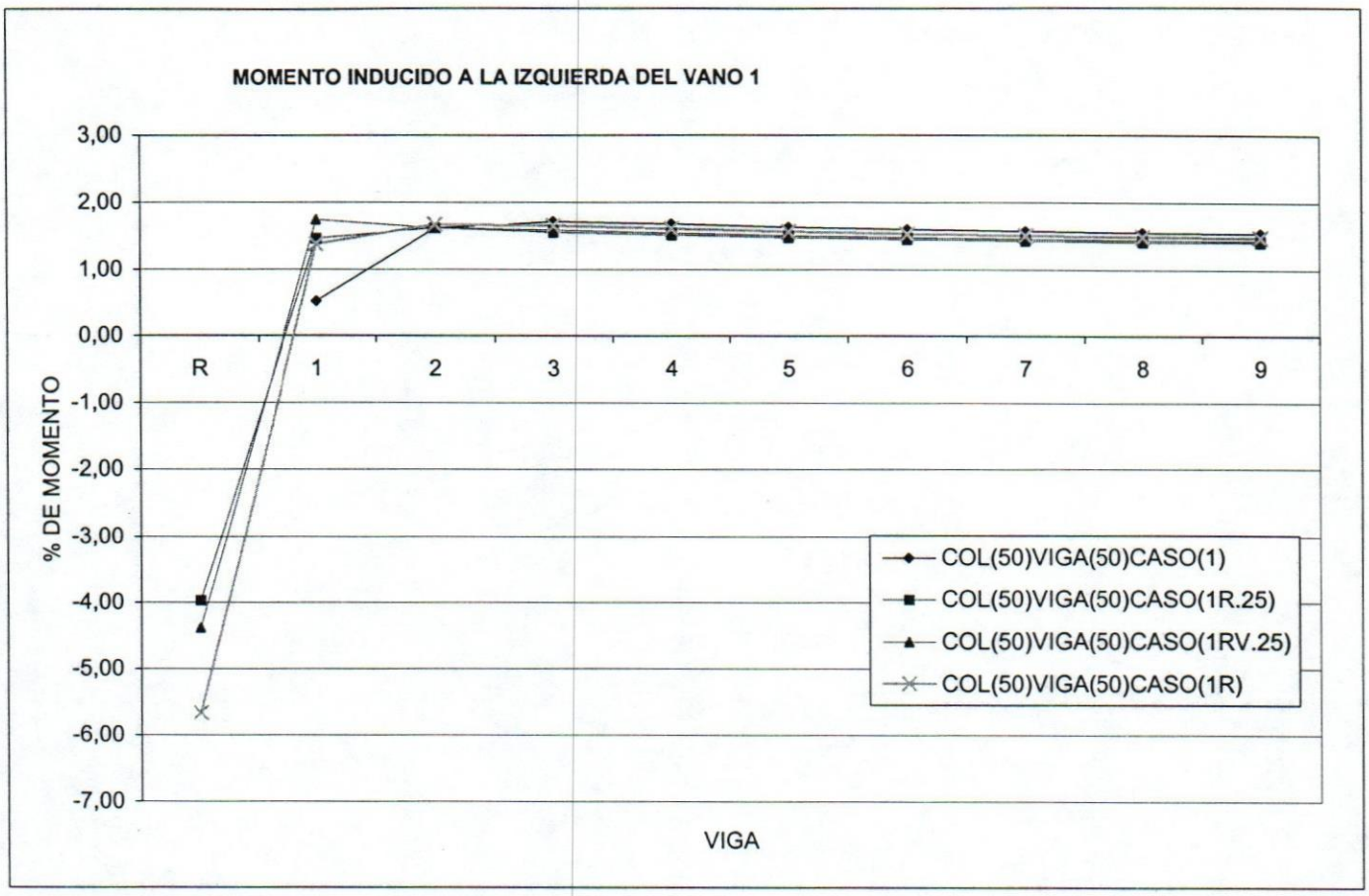

% DE MOMENTO SUPERIOR INDUCIDO EN LA COLUMNA 3
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
% DE MOMENTO
R
1
2
3
4
5
6
7
8
PISO
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)

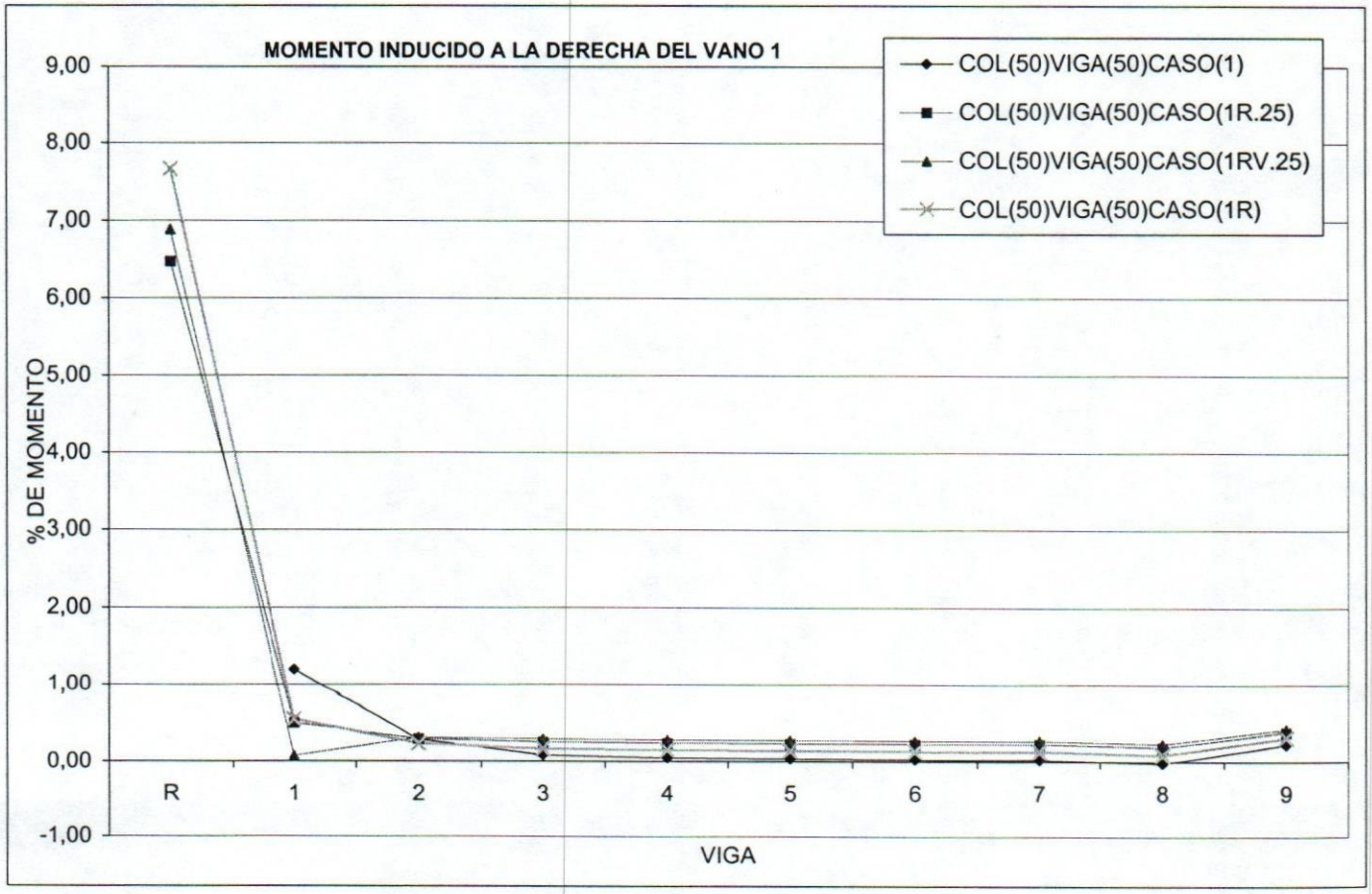

CORTE INDUCIDO A LA IZQUIERDA DEL VANO 1
1,50
1,00
0,50
0,00
-0,50
-1,00
-1,50
% DE FUERZA DE CORTE
R
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
P920.5x0.50.5x0.5(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)

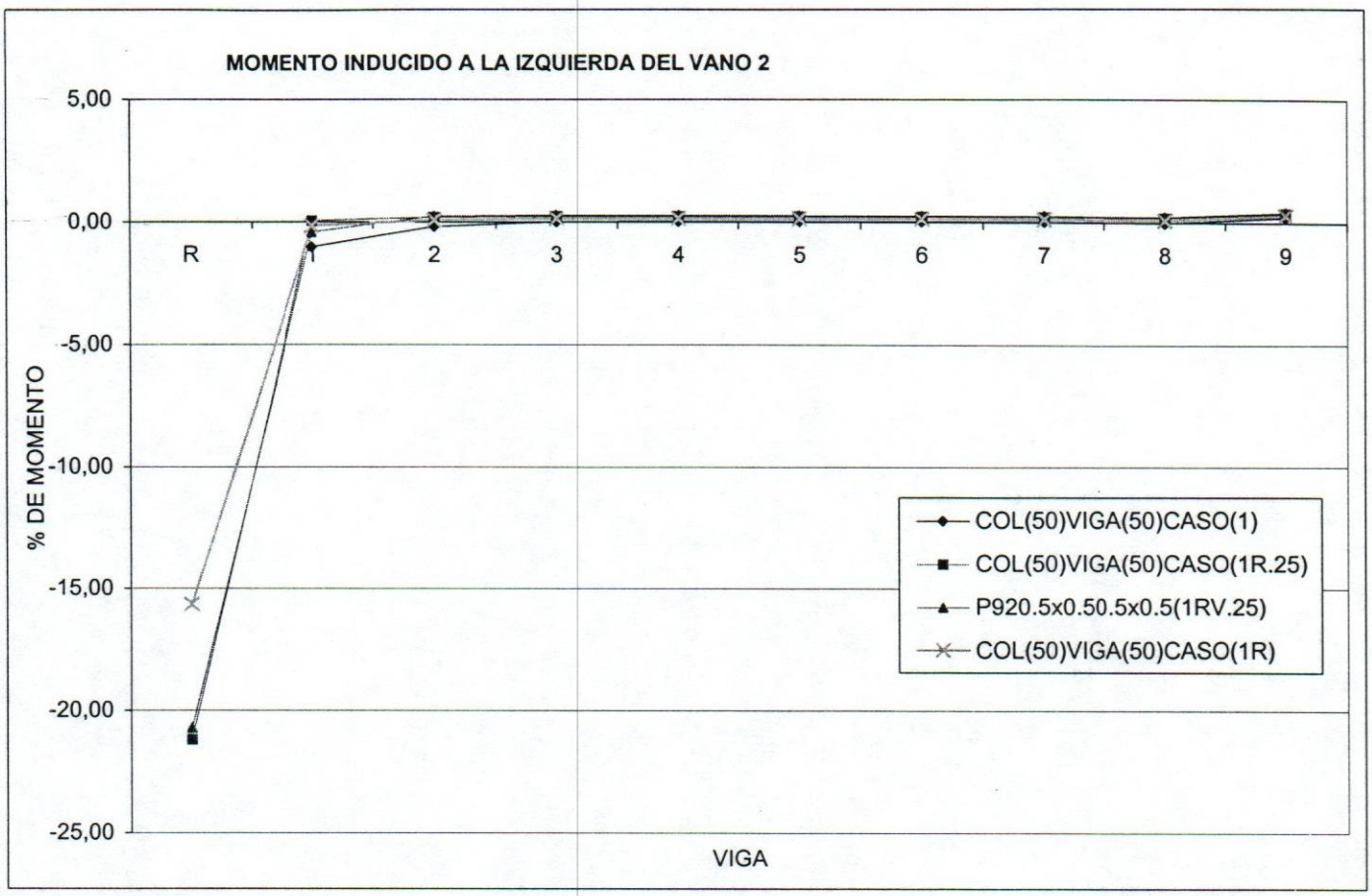

CORTE INDUCIDO A LA DERECHA DEL VANO 1
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
% DE FUERZA DE CORTE
R
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
P920.5x0.50.5x0.5(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)

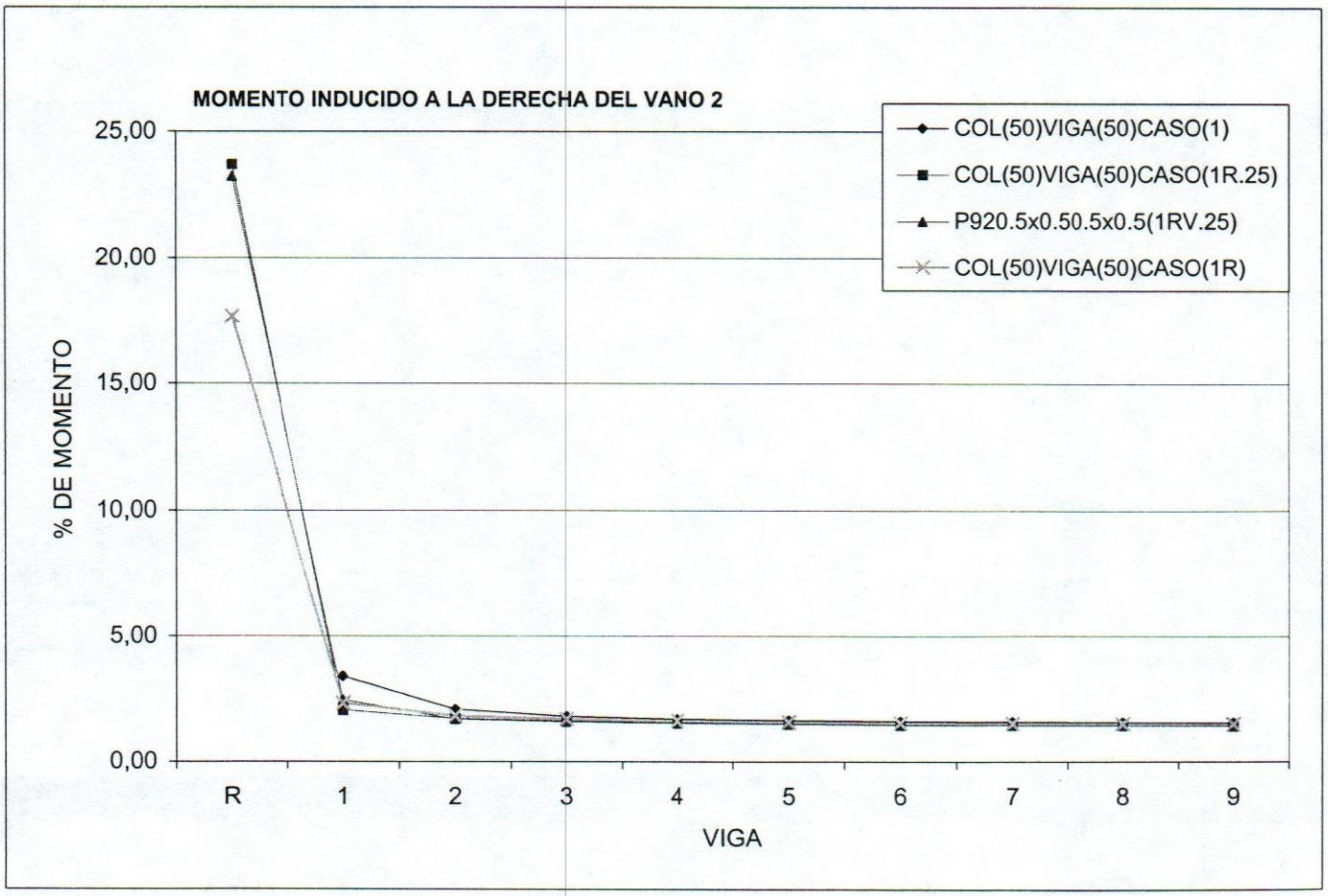

CORTE INDUCIDO A LA IZQUIERDA DEL VANO 2
2,00
1,00
0,00
-1,00
-2,00
-3,00
-4,00
-5,00
-6,00
-7,00
% DE FUERZA DE CORTE
R
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
P920.5x0.50.5x0.5(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)


CORTE INDUCIDO A LA DERECHA DEL VANO 2
10,00
9,00
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
% DE FUERZA DE CORTE
R
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
P920.5x0.50.5x0.5(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)


MOMENTO INDUCIDO A LA IZQUIERDA DEL VANO 1
3,00
2,00
1,00
0,00
-1,00
-2,00
-3,00
-4,00
-5,00
-6,00
-7,00
% DE MOMENTO
R
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)

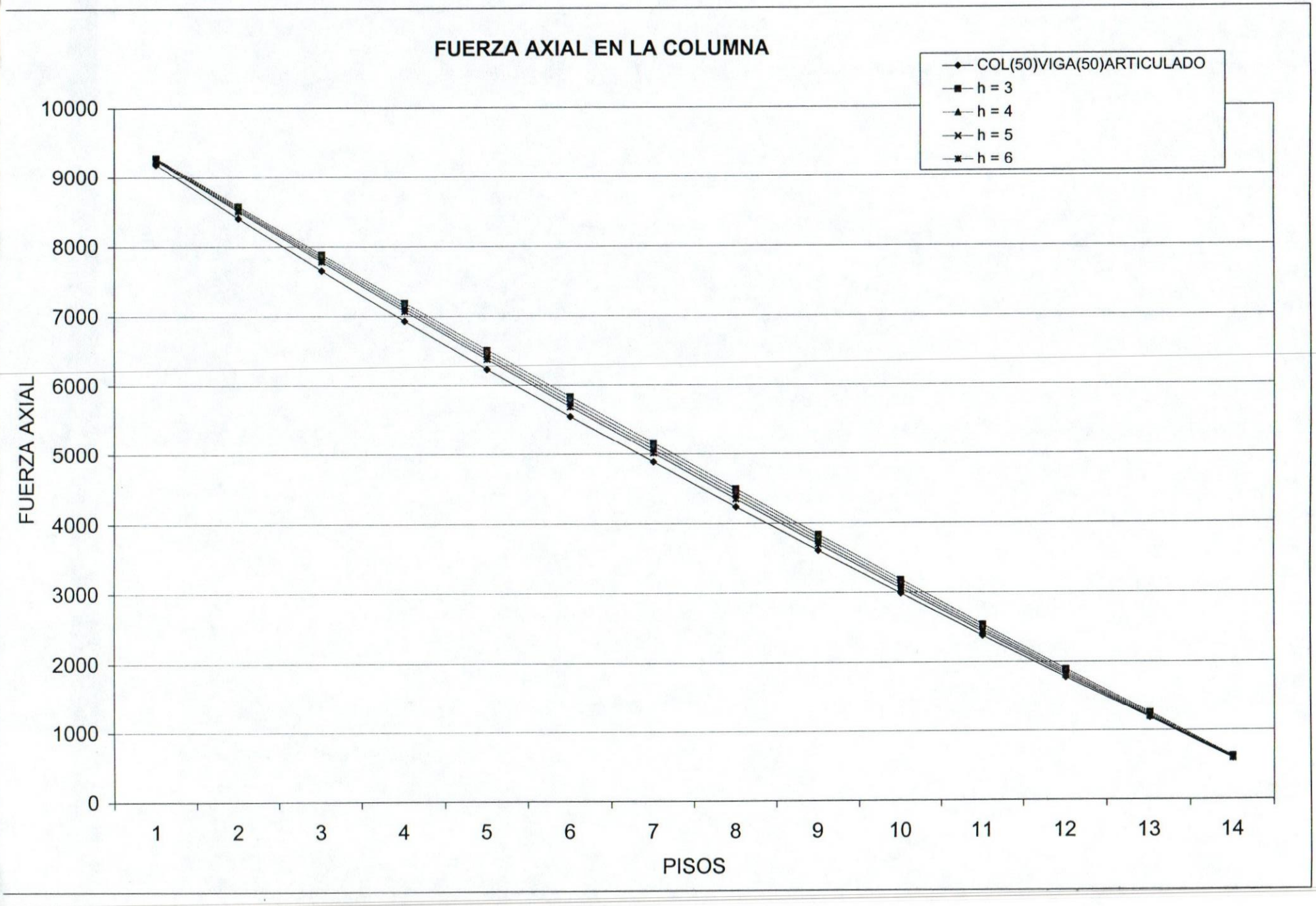

MOMENTO INDUCIDO A LA DERECHA DEL VANO 1
9,00
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
-1,00
% DE MOMENTO
R
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)

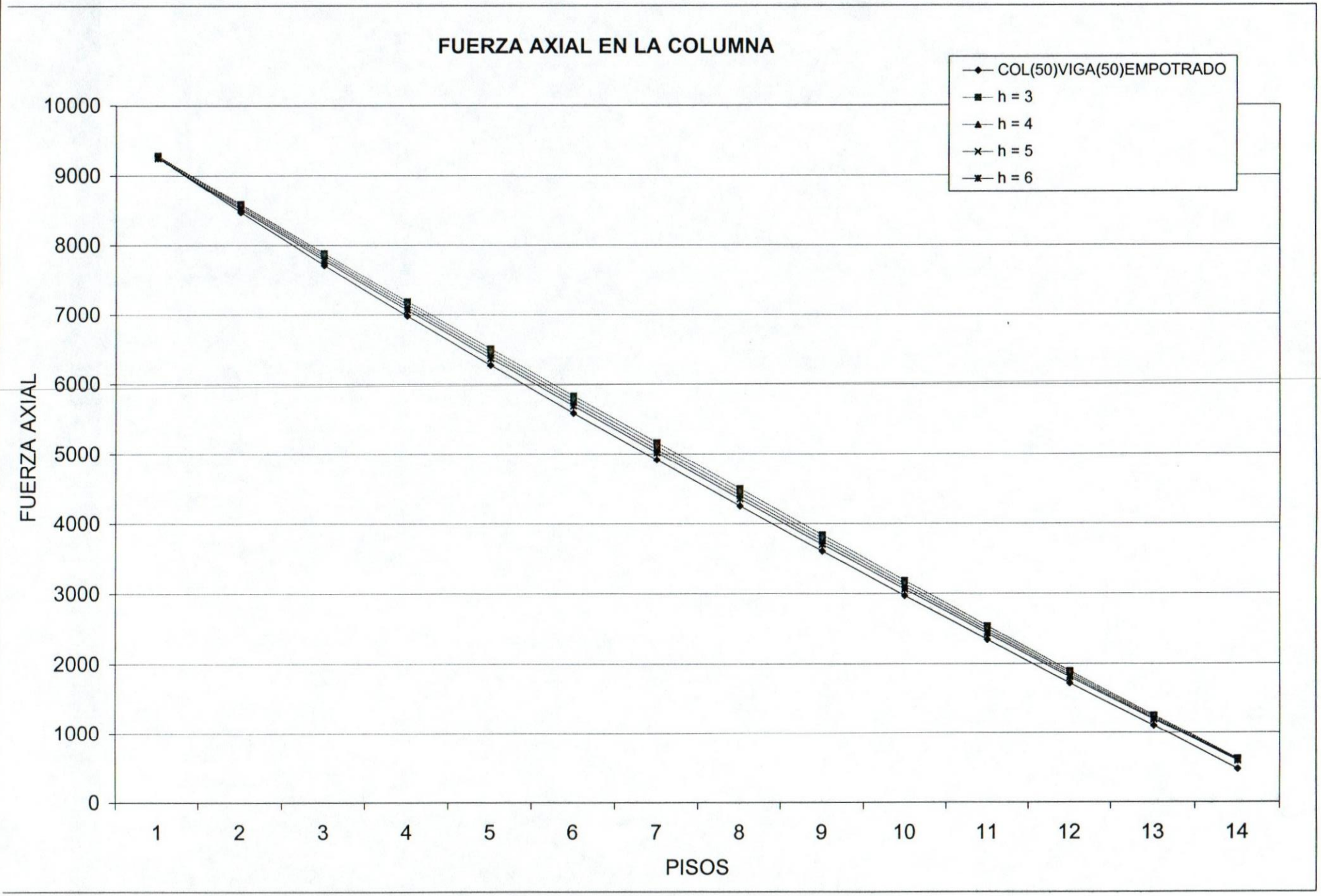

MOMENTO INDUCIDO A LA IZQUIERDA DEL VANO 2
5,00
0,00
-5,00
-10,00
-15,00
-20,00
-25,00
% DE MOMENTO
R
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
P920.5x0.50.5x0.5(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)


MOMENTO INDUCIDO A LA DERECHA DEL VANO 2
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
% DE MOMENTO
R
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R.25)
P920.5x0.50.5x0.5(1RV.25)
COL(50)VIGA(50)CASO(1R)

ANEXO 11

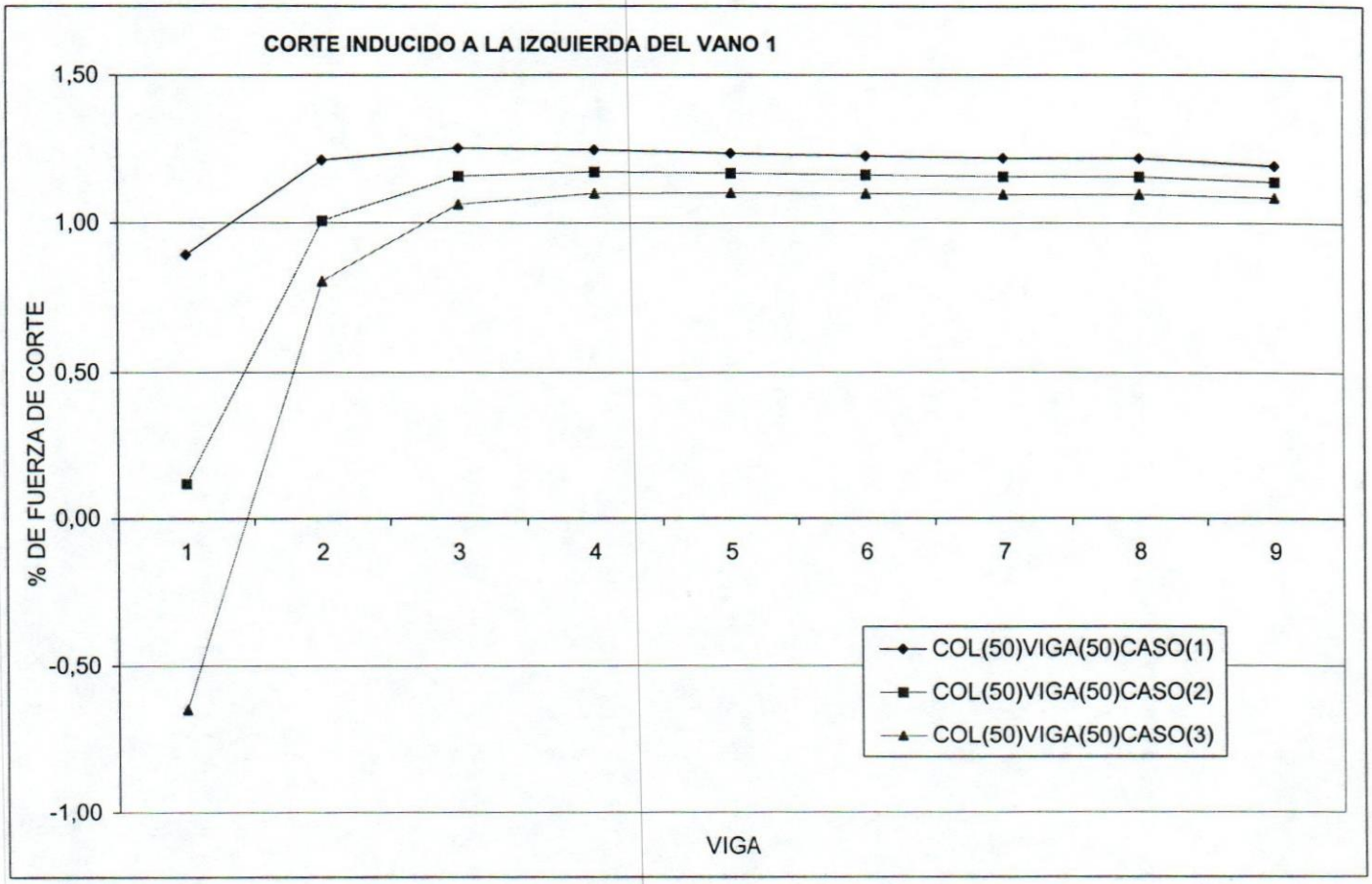
Ajuste de la fuerza axial en columna del modelo de Bonato para el caso de juntas articuladas y empotradas.

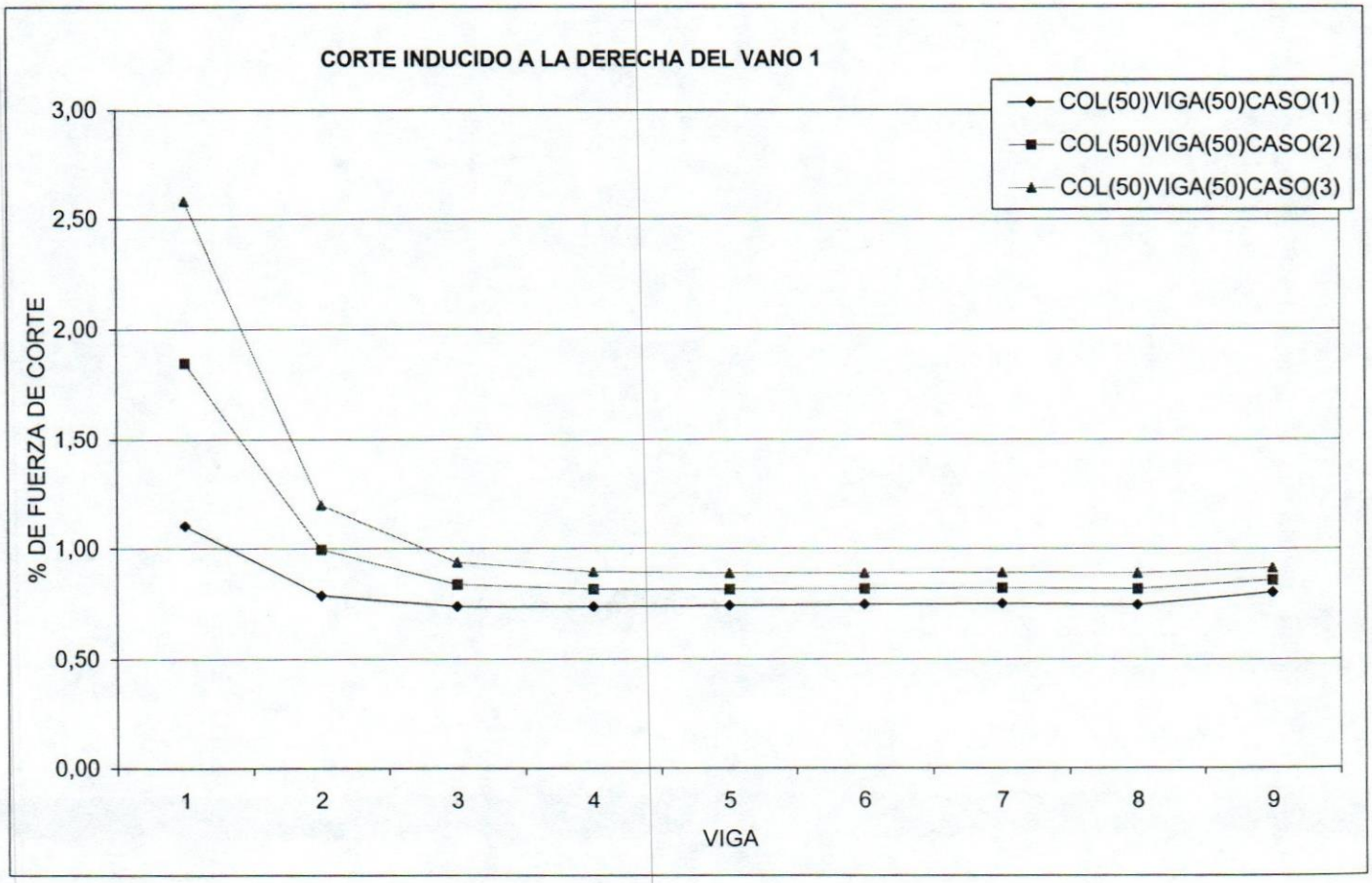

FUERZA AXIAL EN LA COLUMNA
COL(50)VIGA(50)ARTICULADO
h = 3
h = 4
h = 5
h = 6
FUERZA AXIAL
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
PISOS

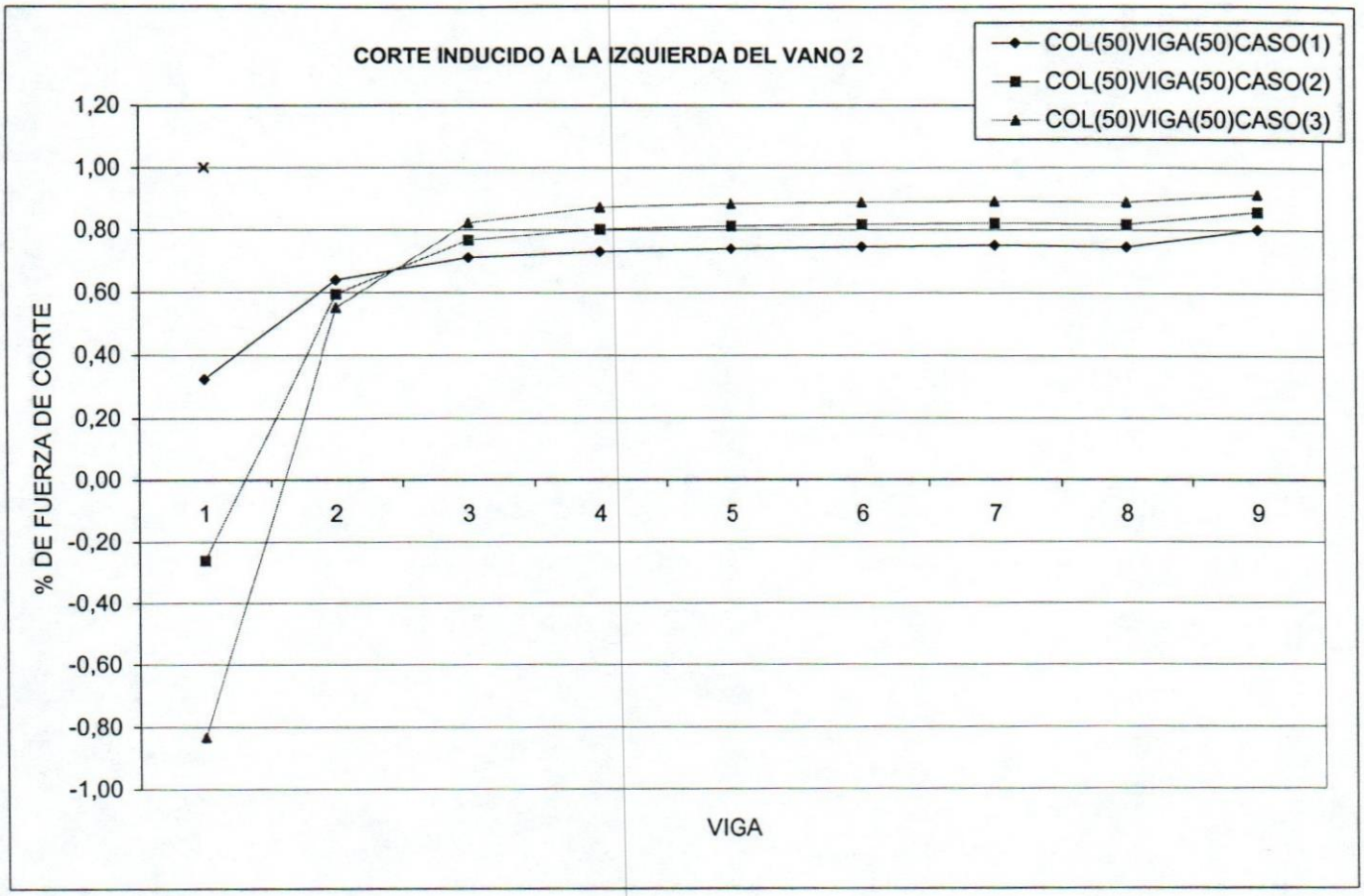

FUERZA AXIAL EN LA COLUMNA
COL(50)VIGA(50)EMPOTRADO
h = 3
h = 4
h = 5
h = 6
FUERZA AXIAL
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
PISOS

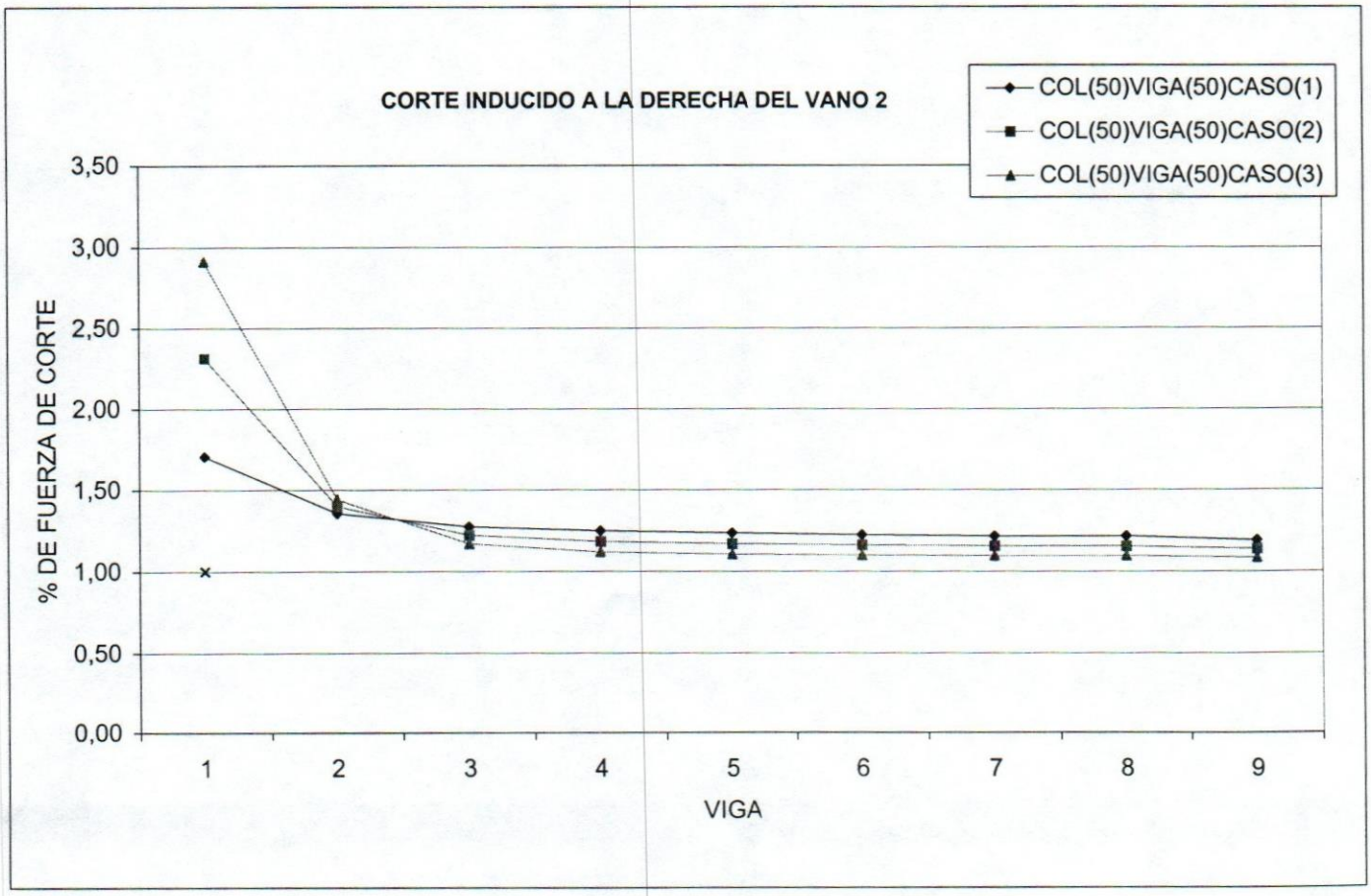
Anexo 12

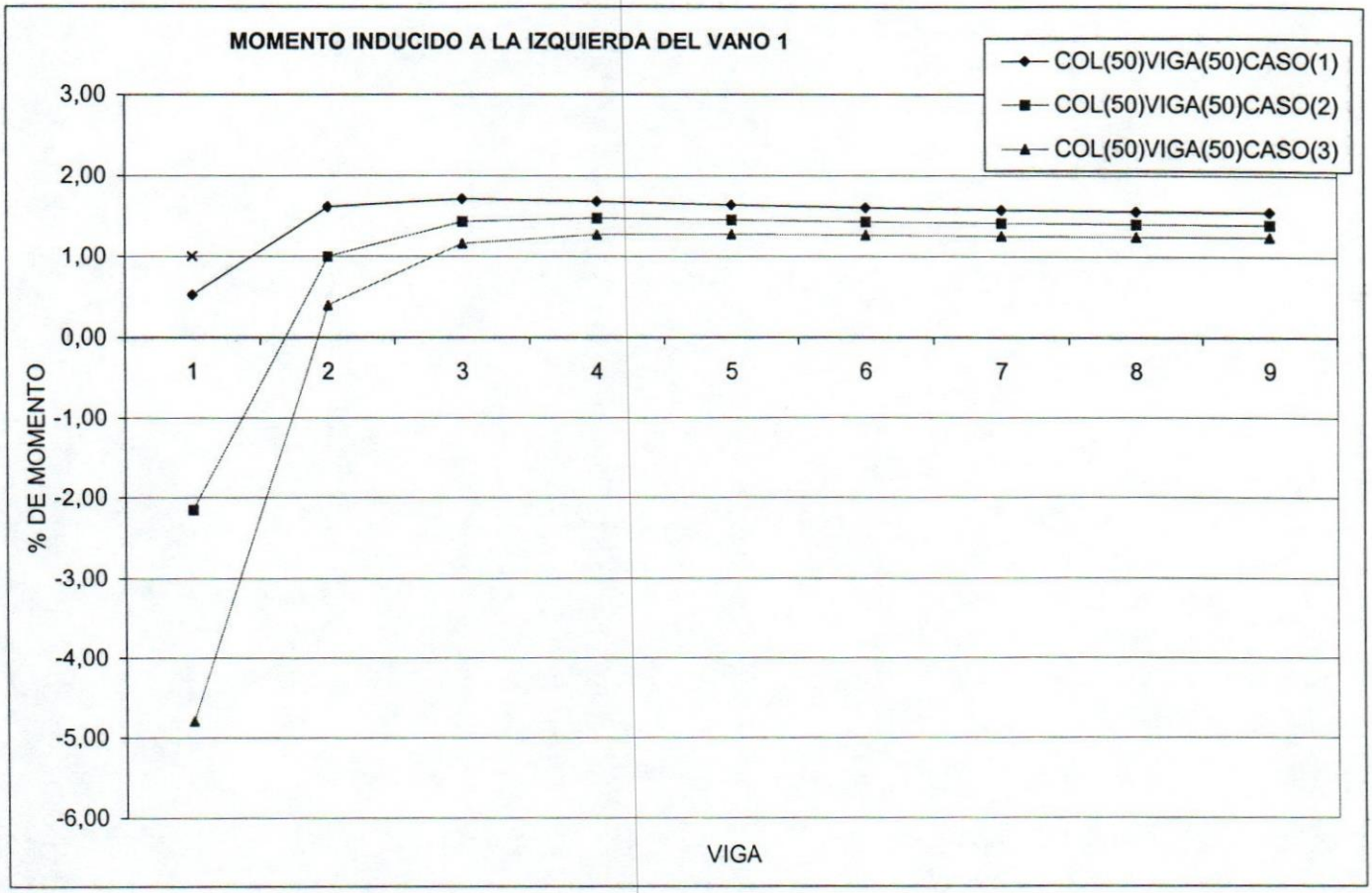
Fuerzas de corte y momento inducidas en un pórtico de columnas y vigas igual a (50x50) sometidas a diferentes rigideces relativas caso (1, 2, 3).

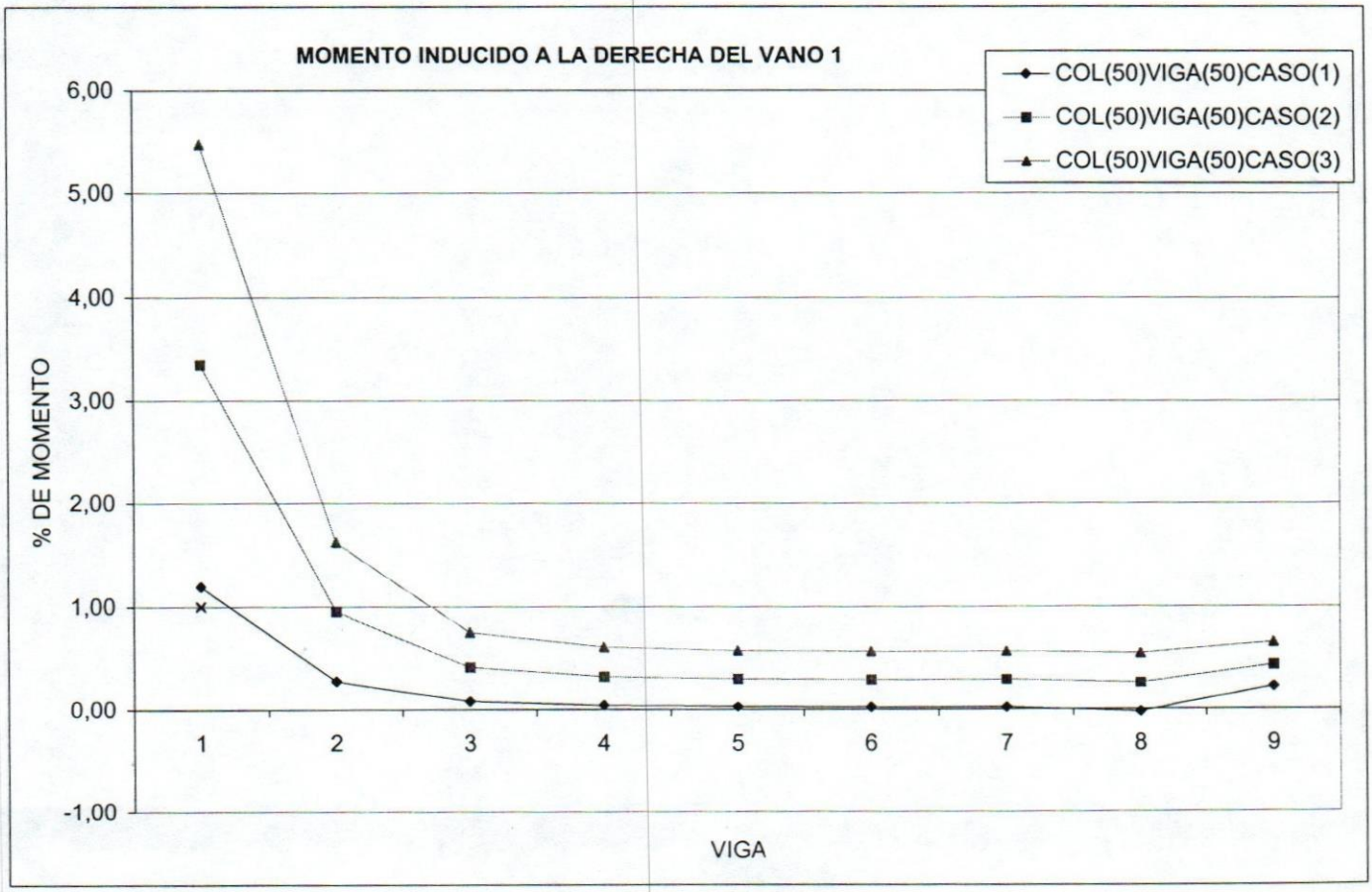

CORTE INDUCIDO A LA IZQUIERDA DEL VANO 1
1,50
1,00
0,50
0,00
-0,50
-1,00
% DE FUERZA DE CORTE
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(2)
COL(50)VIGA(50)CASO(3)

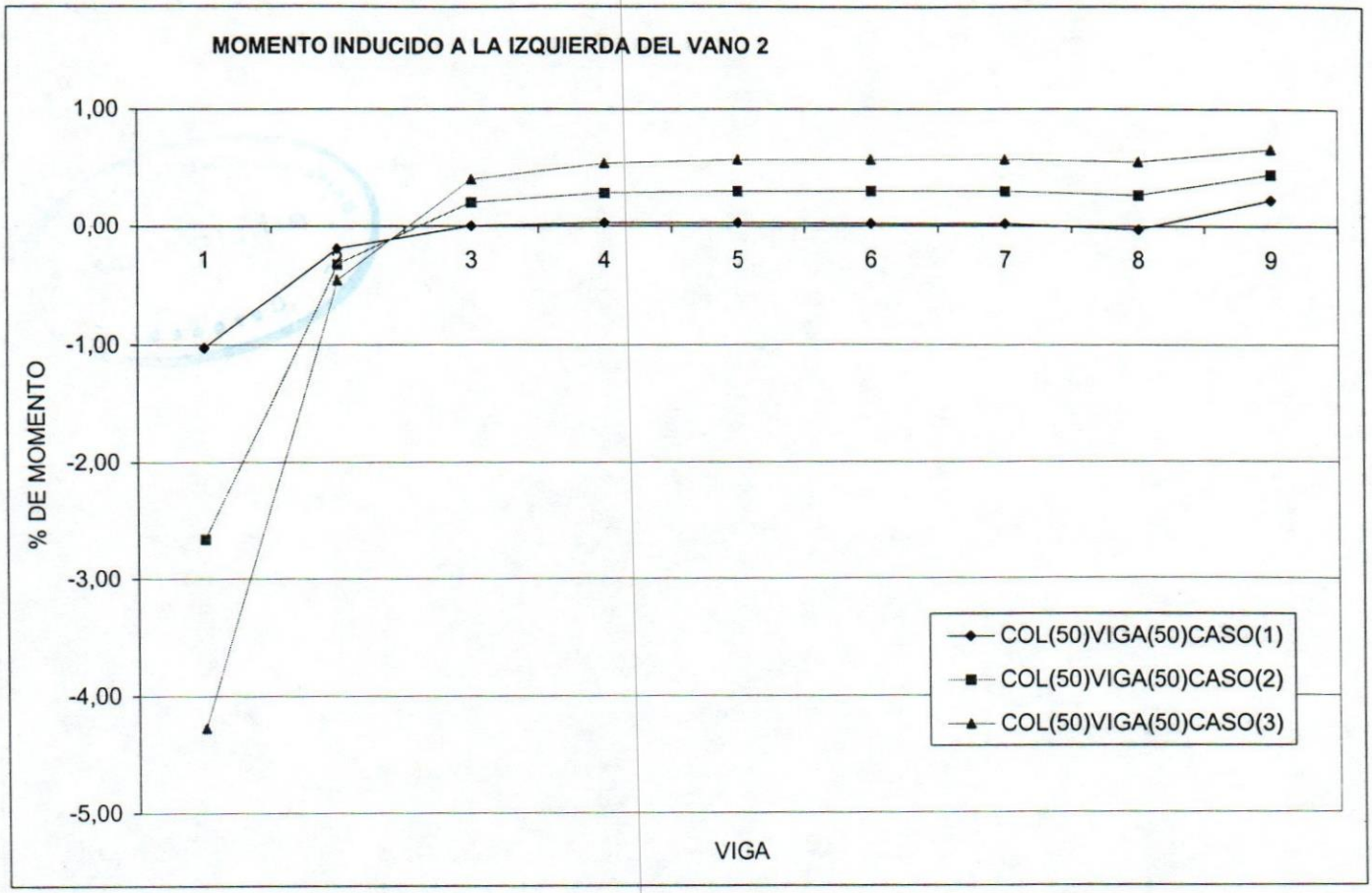

CORTE INDUCIDO A LA DERECHA DEL VANO 1
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
% DE FUERZA DE CORTE
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(2)
COL(50)VIGA(50)CASO(3)

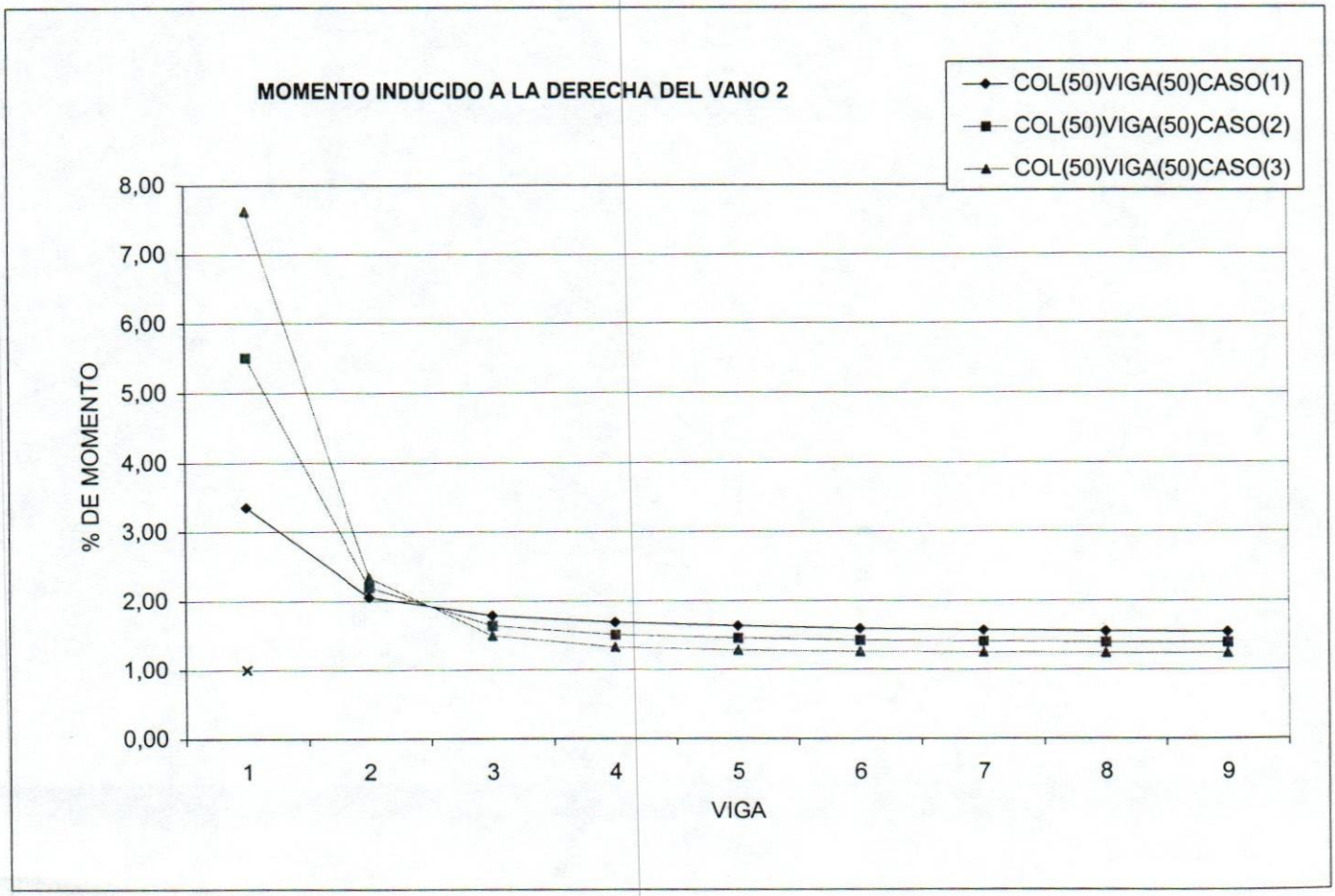

CORTE INDUCIDO A LA IZQUIERDA DEL VANO 2
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(2)
COL(50)VIGA(50)CASO(3)
% DE FUERZA DE CORTE
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
-0,20
-0,40
-0,60
-0,80
-1,00
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA


CORTE INDUCIDO A LA DERECHA DEL VANO 2
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(2)
COL(50)VIGA(50)CASO(3)
% DE FUERZA DE CORTE
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA


MOMENTO INDUCIDO A LA IZQUIERDA DEL VANO 1
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(2)
COL(50)VIGA(50)CASO(3)
3,00
2,00
1,00
0,00
-1,00
-2,00
-3,00
-4,00
-5,00
-6,00
% DE MOMENTO
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA


MOMENTO INDUCIDO A LA DERECHA DEL VANO 1
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(2)
COL(50)VIGA(50)CASO(3)
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
-1,00
% DE MOMENTO
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA


MOMENTO INDUCIDO A LA IZQUIERDA DEL VANO 2
1,00
0,00
-1,00
-2,00
-3,00
-4,00
-5,00
% DE MOMENTO
1
3
4
5
6
7
8
9
VIGA
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(2)
COL(50)VIGA(50)CASO(3)


MOMENTO INDUCIDO A LA DERECHA DEL VANO 2
COL(50)VIGA(50)CASO(1)
COL(50)VIGA(50)CASO(2)
COL(50)VIGA(50)CASO(3)
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
% DE MOMENTO
1
2
3
4
5
6
7
8
9
VIGA