TÍTULO DE INFORME:

OPTIMIZACIÓN EN LOS TIEMPOS DEL DISEÑO A FLEXIÓN DE UNA ESCALERA DE UN TRAMO SIMPLEMENTE REFORZADA

PRESENTADO POR:

EDWIN DANIEL MONTOTA GOMEZ

Código:
2018115117

PRESENTADO A:

Tutor de prácticas profesionales
ING. JOHN PEREZ DE LOS REYES

Jefe inmediato empresa
ING. JUAN CARLOS VERGARA GALLEGO

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVL

1. PRESENTACIÓN

El diseño de una escalera a flexión conlleva un trabajo de pasos sucesivos los cuales unos dependen de los otros; estas sucesiones toman su tiempo para poder concretarlas todas.
El funcionamiento correcto de una empresa que basa su calidad y eficiencia en el cumplimiento a sus clientes de los tiempos de entrega de sus proyectos, requiere una optimización de los tiempos empleados en los diseños de los diferentes componentes de un proyecto estructural. Todos estos procesos hacen una acumulación de tiempo que deben evitarse de una manera eficiente y práctica.
Teniendo en cuenta lo anterior, en este proyecto se plantea la optimización en los tiempos para el diseño de una escalera a flexión simplemente reforzada de un tramo a través de una hoja de calculo en código Python, el algoritmo pedirá determinados parámetros para luego entregar los datos suficientes para finalizar el diseño a flexión simplemente reforzado.
Los datos más importantes para poder llevar acabo esta ejecución son:

- Números de peldaños
- Longitud de huella de la escalera
- Altura del tramo de las escaleras
- Espesor de la losa
- Ancho de las escaleras
- Longitud del descanso
- Espero del muro en el cual se apoyará las escaleras
- Longitud de escalera libre

Con esta metodología la empresa podrá automatizar y optimizar un proceso de diseño, generando así un menor gastos en los tiempos de entrega.

2. OBJETIVOS Y/O FUNCIONES

2.1. Objetivo General:

Optimizar los tiempos del diseño a flexión de unas escaleras de un tramo simplemente reforzada

2.2. Objetivos Específicos:

1. **Hacer el análisis de cargas muertas y vivas a través del lenguaje Python**
2. **Mayoración de cargas según la NSR-10 a través del lenguaje Python**
3. **Determinación de la cantidad de aceros para resistir a flexión a través del lenguaje Python**

2.3. Funciones del practicante en la organización:

La función principal es el acompañamiento y auxiliar en los diversos diseños estructurales, tales como:

- Análisis de cargas
- Diseño de escaleras
- Diseño de franjas de losas
- Cantidades
- Diseño de elementos no estructurales
- Rotulado o diagramado de diversas actividades estructurales

3. JUSTIFICACIÓN:

El desarrollo de esta línea de código, surge con el afán de poder optimizar los tiempos del proceso de diseño de elementos estructurales como lo son las escaleras.

Normalmente el diseño a flexión de unas escaleras o de cualquier elemento estructural no sometido a compresión, lleva determinados procesos tales como:
Análisis de carga, distribución de carga, mayoración de carga y diseño a flexión. La ejecución de estos procesos se traduce en cantidades de tiempo que se pueden evitar o disminuir.
Las empresas buscan la excelencia y dentro de esta está la optimización de tiempo para una entrega más rápida y eficaz.
Debido a esto nace la idea de agarrar todos estos procesos y agruparlos en un código en el cual le vamos a dar diversos datos de entrada y como resultado nos entregara el refuerzo necesario para soportar las solicitaciones.
El diseño de una escalera puede que no llegue a tomar mucho tiempo, pero cuando se habla de una edificación que pueda llegar a superar los 20 niveles, aquí ya se estará presentando una gran cantidad en el gasto del tiempo. Por eso se desea optimar todo este tiempo con la ayuda de un código automatizado y como resultado acercarnos a la excelencia en este ámbito.

4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA:

R&DC (Risk consulting Design) se considera como una empresa de base tecnológica, EBT, que hace investigaciones aplicada para generar nuevos productos, tecnologías, procesos y/o servicios destinados al mercado nacional o internacional de consultoría de obras civiles. R&DC se especializa en la caracterización detallada de solicitaciones dinámicas para uso en análisis, diseño y/o evaluación de proyectos de infraestructura civil. Abarcamos tanto problemas con cargas medibles en campo, tales como vibraciones por operación de maquinaria pesada, vibraciones inducidas por tráficos vehicular, etc. Hasta problemas con altos niveles de incertidumbre tales como solicitaciones sísmicas y evaluación computacional de última generación combinadas con datos de campo para proveer soluciones altamente confiables a las empresas de análisis, diseño y construcción de obras civiles.

La empresa se encuentra ubicada en la Cl. 5A #39-93 Edificio CORFIN Torre 2 Oficina 702, El Poblado, Medellín, Antioquia.

La empresa no tiene definido a nivel organizacional la misión y la visión, se a dedicado a la línea de negocio y a la competencia para establecer un estatus de eficacia y excelencia en los procedimientos de diseños.

La cantidad de empleados que se registran en la actualidad son de 22 que se dividen de la siguiente manera: 3 empleados en el área de computación, 5 empleados en al área de geociencias, 5 empleados en el área de dibujo y 9 empleados en el área de estructura.

Los mapas de procesos se derivan en el contacto del gerente y de los socios de la empresa con los clientes. El gerente se encargar de distribuir los proyectos a los socios según en las actividades en las cuales son más eficaces. A partir de los socios, ellos seleccionan lideres de proyectos en los cuales son encomendado gran parte del proyecto, para posteriormente subdividir las actividades de los diseños con los empleados que aún no forman parte de los lideres de proyectos, y finalmente pasar por el área de dibujo para diagramar en los planos los elementos estructurales ya diseñados.

5. SITUACIÓN ACTUAL

Dentro de la empresa el diseño de escaleras no se encuentra automatizado, es un proceso que conlleva sus pasos a paso de forma manual, generando demoras en el tiempo el cual hace que la empresa se aleje de la eficacia y puntualidad en la entrega de sus proyectos.
Los procesos que forman parte del diseño de escaleras hacen que, en proyectos de grandes magnitudes, los cuales la empresa constantemente está trabajando, lleven a alargar los plazos de tiempos donde se pueda finalizar un proyecto.

Las falencias que pude encontrar, radican en los análisis de carga, mayoraciones de carga y diseño a flexión, los cuales son proceso que no están automatizado sino procesos manuales que llegan a ser independientes de cada usuario que ejecuta el diseño de unas escaleras, que a partir de esta problemática surge esta idea de programar un código en lenguaje Python, que automatice todos estos conjuntos de pasos para acercarse a la excelencia y eficiencia en los tiempos de entrega de proyectos.

6. BASES TEÓRICAS RELACIONADAS

- **Lenguaje programación:** El lenguaje de programación es una forma de lenguaje formal o artificial que dentro de ella tiene sus reglas gramaticales bien establecidas. Tienen series de instrucciones o secuencias en forma de algoritmo con el fin de llevar un control en el comportamiento físico o lógico de un sistema computacional. De esta forma se obtendrán diversos tipos de datos, los cuales todos estos conjuntos de ordenes escritas mediante un lenguaje de programación se le denomina programa informático.

- **Python:** Es un lenguaje de programación sencillo de escribir y leer porque tiene una alta similitud con el lenguaje humano, a parte es totalmente gratis y multiplataformas que permiten a la comunidad de programadores desarrollar diversos softwares sin ningún tipo de limitación.

- **Metrado de cargas:** El metrado de cargas en el análisis por el cual obtenemos el peso de la estructura y a su vez con este peso se va a diseñar y deberá ser capaz de resistir. Las cargas a las cuales se le hacen el análisis son a las cargas muertas y a las cargas vivas.

- **Carga muerta:** son las cargas que permanecen con el tiempo y no tiene movimiento propio, tales como: peso propio de la estructural y los pesos sobreimpuestos sobre ella (revoque, acabados etc…)

- **Carga viva:** Son las cargas que están en constante movimiento o casi constate sobre ellas, tales como: las personas, mueblería, electrodomésticos, etc...

- **Mayoración de cargas:** la mayoración de cargas son factores que aumentan las cargas que fueron realizada en el análisis de carga o metrado de carga con el fin de realizar el diseño por resistencia o último.

- **Diseño último o diseño por resistencia:** Este método es por el cual se estudia el comportamiento de los elementos estructurales en el momento exacto que falla. Teniendo en cuenta ciertos factores de seguridad, que lo que hacen en su mayoría es mayorar cargas.

- **Peldaño:** Los peldaños es la subestructura de las escaleras, por lo cual nos permite subir o bajar escaleras.

- **Huela:** La huella corresponde al ancho y a la profundidad del escalón donde las personas apoyan el pie.

- **Contrahuella:** La contrahuella es la altura del escalón.

- **Descanso:** Es el peldaño donde termina el tramo de escalera.

- **Tramo:** Es la succión de peldaños hasta llegar a un descanso.

- **Luz libre:** Es la longitud del tramo de la escalera antes de llegar a su apoyo.

- **Luz de apoyo:** Es la longitud del tramo de la escalera de apoyo a apoyo

- **Flexión:** Es la resultante de aplicar las fuerzas internas de una viga, la cual su sumatoria de fuerzas es igual a cero, pero a su vez genera un giro sobre su eje neutro y a esto se le denomina flexión.

- **Eje neutro:** El eje neutro es la parte a través de su eje longitudinal donde las fibras de concreto no sienten esfuerzo a compresión ni a tensión.

- **Esfuerzo de tensión:** El esfuerzo a tensión es donde internamente de cualquier elemento siente que sus partículas se estiran. Para que este estiramiento se efectué debe de existir una fuerza externa la cual este ejerciendo sobre ella y si esta fuerza se divide entre el área transversal, formularía así su esfuerzo a tensión.

- **Esfuerzo a compresión:** El esfuerzo a compresión es donde internamente de cualquier elemento siente que sus partículas se acortan. Para que este acortamiento se efectué debe de existir una fuerza externa la cual este ejerciendo sobre ella y si esta fuerza se divide entre el área transversal, formularía así su esfuerzo a compresión.

- **Refuerzo longitudinal:** Es el acero situado en toda la longitud del elemento estructural, en este caso las escaleras.

7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES:

El desarrollo de actividades que presto en la empresa se basa en ser un auxiliar de ingeniero estructural y en realizar planos estructurales, esto conlleva diversas actividades, tales como:

- **Análisis de carga o metrado de carga de una edificación:** el análisis de carga consiste en determinar la cantidad de peso por metro cuadrado promediado que pueda a llegar tener la estructura.
  Con programas como AutoCAD o GstarCAD se empieza analizar la arquitectura de los proyectos o del proyecto que en ese momento se esté realizando y se van trazando rectángulos de los muros que contenga la edificación. Ya al finalizar esto se procede con la ayuda de un código en lenguaje Python a sacar las longitudes de los muros en su totalidad y determinando su espesor obtenemos sus pesos totales que ejercer sobre la edificación.

- **Cálculo de cantidades:** Se trata de determinar las cantidades de diversas actividades de un proyecto, ya se volúmenes de concreto o cantidades de acero de un elemento estructural cualquiera.

- **Diseño de franjas de losas:** Consta en hacer análisis de franja de losas ya sean losas en 1 dirección o losas en 2 direcciones, Para posteriormente con el análisis de cargas vivas y muertas determinar el acero necesario para soportar las solicitudes de cargas.

- **Diseño de escaleras:** El diseño de escaleras tiene determinados pasos sucesivo que comienza con determinar el espesor que va a tener las escaleras, la cantidad de peldaños, altura del peldaño y la longitud de la huella. Luego de establecer estos parámetros se procede hacer los análisis de carga para tener las solicitudes de cargas mayoradas. Finalmente, ya con las cargas obtenidas y mayoradas como lo indique la norma de hacer el diseño a flexión por resistencia última y con esto dar como resultado el acero longitudinal necesario para resistir las solicitudes.

- **Diseño de elementos no estructurales:** Los elementos no estructurales son aquellos que no están diseñado para soportar cargas de diseño, estos elementos por lo regular son muros de mampostería con acero incrustado dentro de ellos.
  Con la determinación de las cargas de sismos y de presión de aire (esta solo es para muros de fachadas, los muros de fachadas son aquellos que se logran ver por fuera de la edificación) se valoriza el acero necesario para colocar por diseño en los muros, estos aceros deben tener la cantidad suficiente para poder resistir las cargas de sismo y de presión de aire que se ejercen sobre ellos.

- **Diseño de confinamiento de columnas:** Trata de colocar los estribos necesario para cumplir los parámetros de confinamiento determinado por la norma NSR-10.

- **Diagramar:** La diagramación es la utilización de programas CAD para presentar los planos de los diseños estructurales finalizado, ya sea: diagramación de plantas de una

edificación, diagramación de escaleras, diagramación de columnas, diagramación de franja de losas, diagramación de elementos no estructurales, etc…

Lo anterior hace alusión a las diversas actividades que desempeño en la empresa y cabe recalcar que a medida que va transcurriendo las soluciones de proyectos se me encargará nuevos proyectos de diferentes actividades a las que ya mencioné anteriormente.

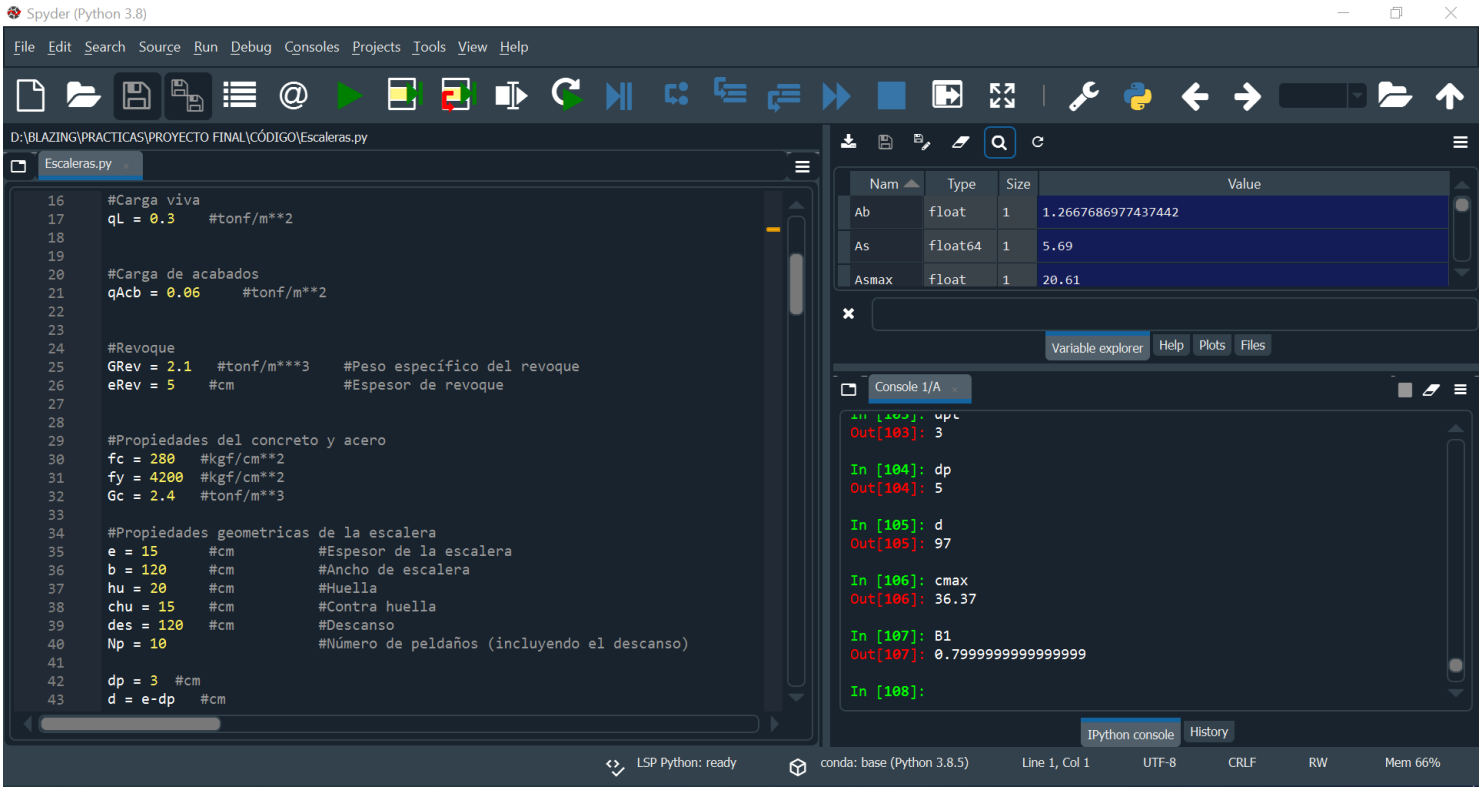
DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Ahora se hará mención a la solución planteada por la problemática que se encontró en los plazos de tiempos del diseño de una escalera simplemente reforzada de un tramo.

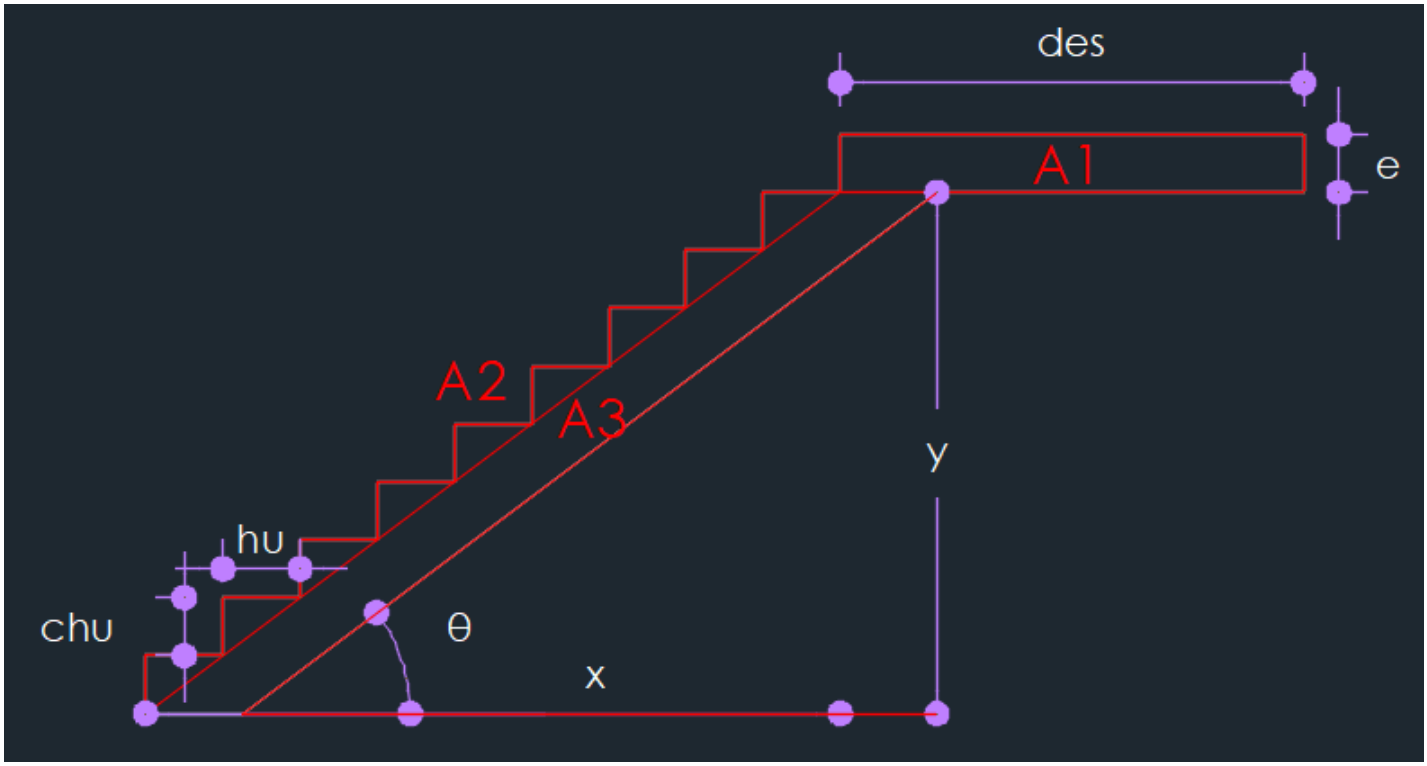
La finalidad del proyecto es la optimización de los tiempos en la realización de proyectos que contenga diseños de escaleras con el fin de mejorar la eficiencia de la empresa en los tiempos de entrega de sus proyectos.

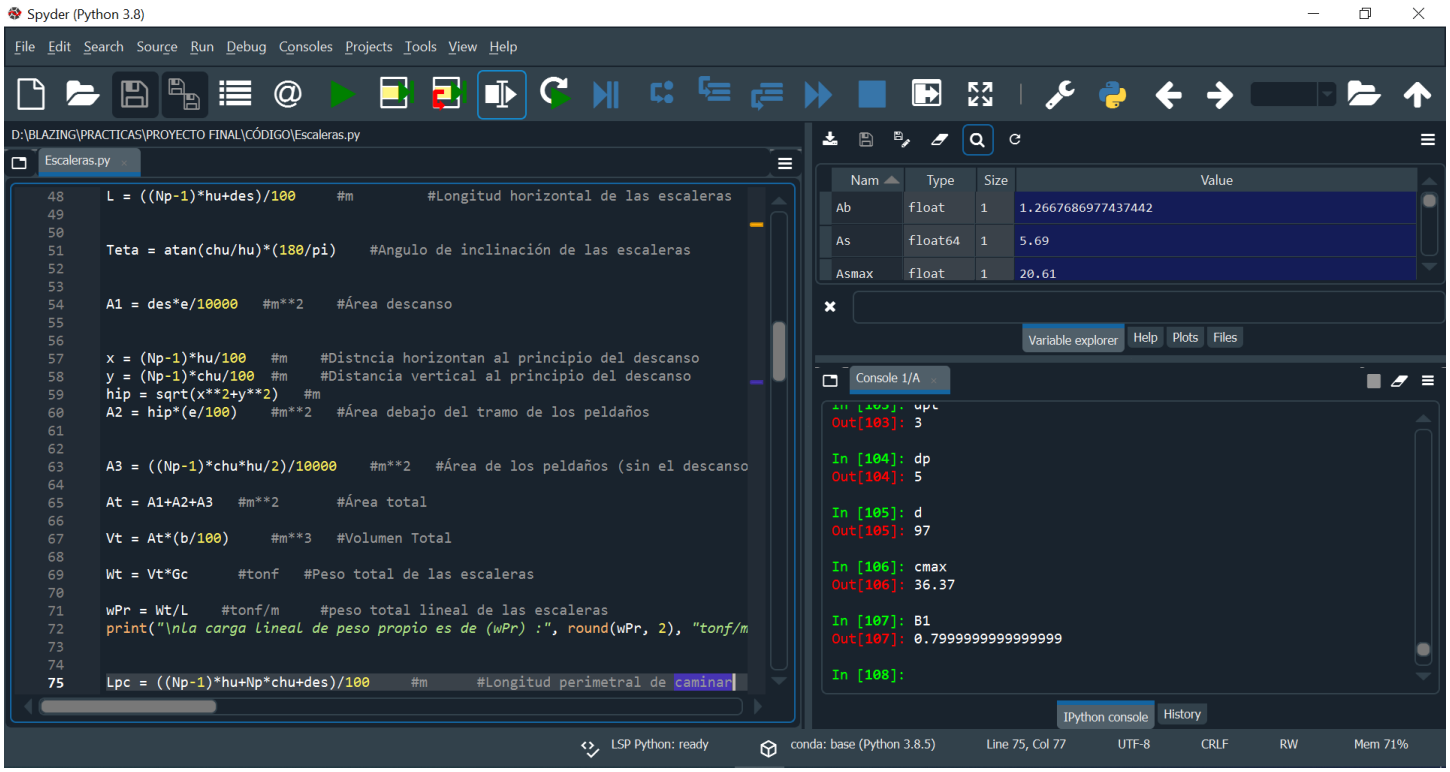
El proyecto consiste en realizar en lenguaje Python un aplicativo que diseñe una escalera con la entrada de diversos datos, para que así se pueda efectuar en su totalidad.

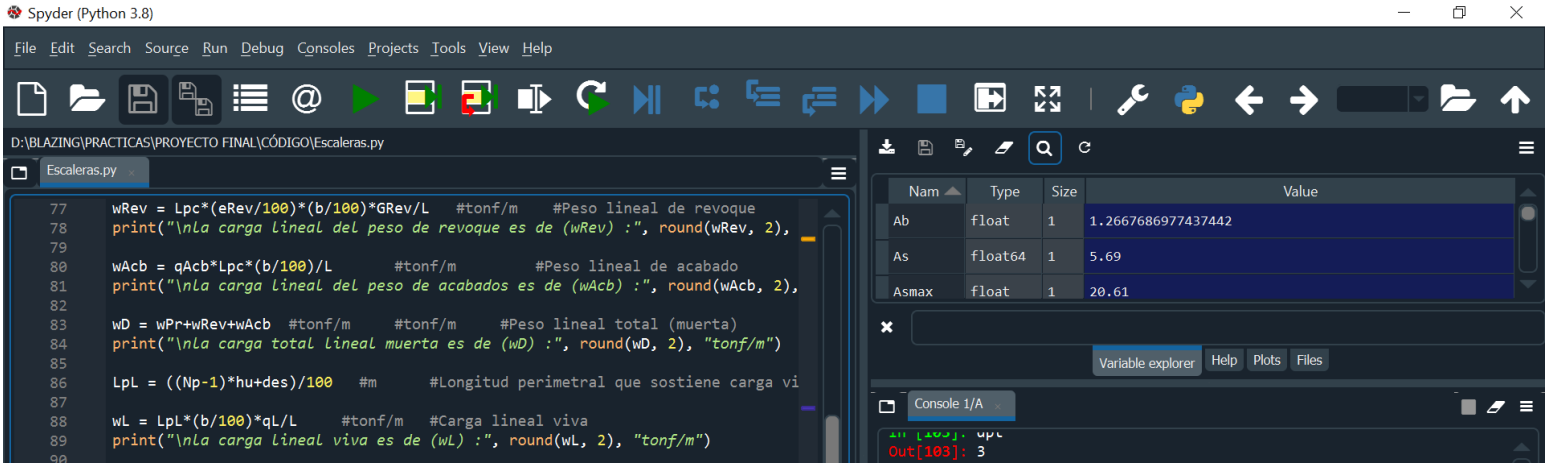
1. **Datos de entrada:** En los datos de entrada necesitaremos diversos datos, desde las propiedades mecánicas de las escaleras hasta las propiedades geométricas de ella misma. En las propiedades mecánicas necesitaremos la resistencia del concreto a compresión y la fluencia del acero.
   En las propiedades geométrica se introducirá: el espesor de la losa de la escalera, el ancho de la escalera, el número de peldaños, la longitud de la huella, la altura del peldaño, la altura de la escalera, el largo de la escalera horizontalmente, la longitud del descanso de la escalera y por último el espesor de muro el cual va apoyada la escalera en el descanso.



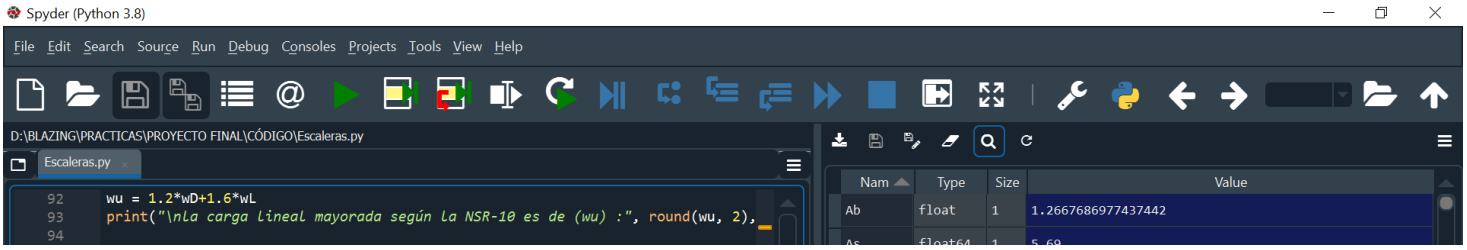
2. **Análisis de las cargas muertas:** En este paso el programa ya automatizará los análisis de cargas a través de formulas establecidas para una escalera de un tramo.



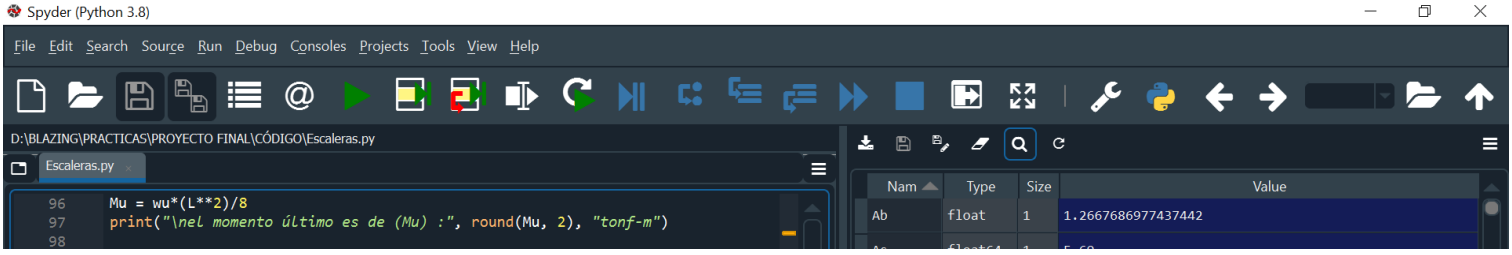




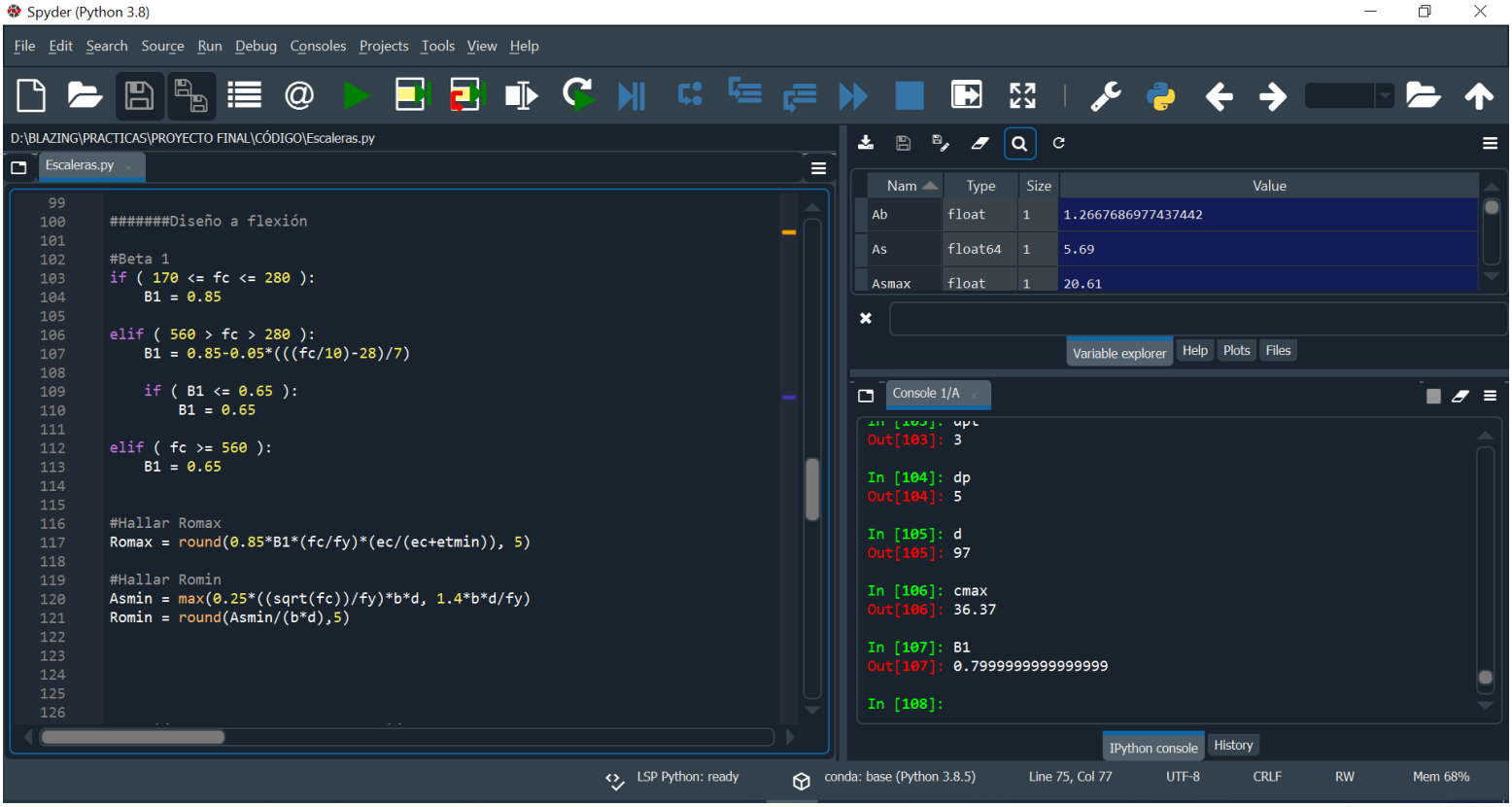
3. **Mayoración de carga según la NSR-10:** Ya obtenido las solicitudes de cargas a partir de los análisis de cargas, mayoraremos estas cargas con unas formulas establecidas por la NSR-10.

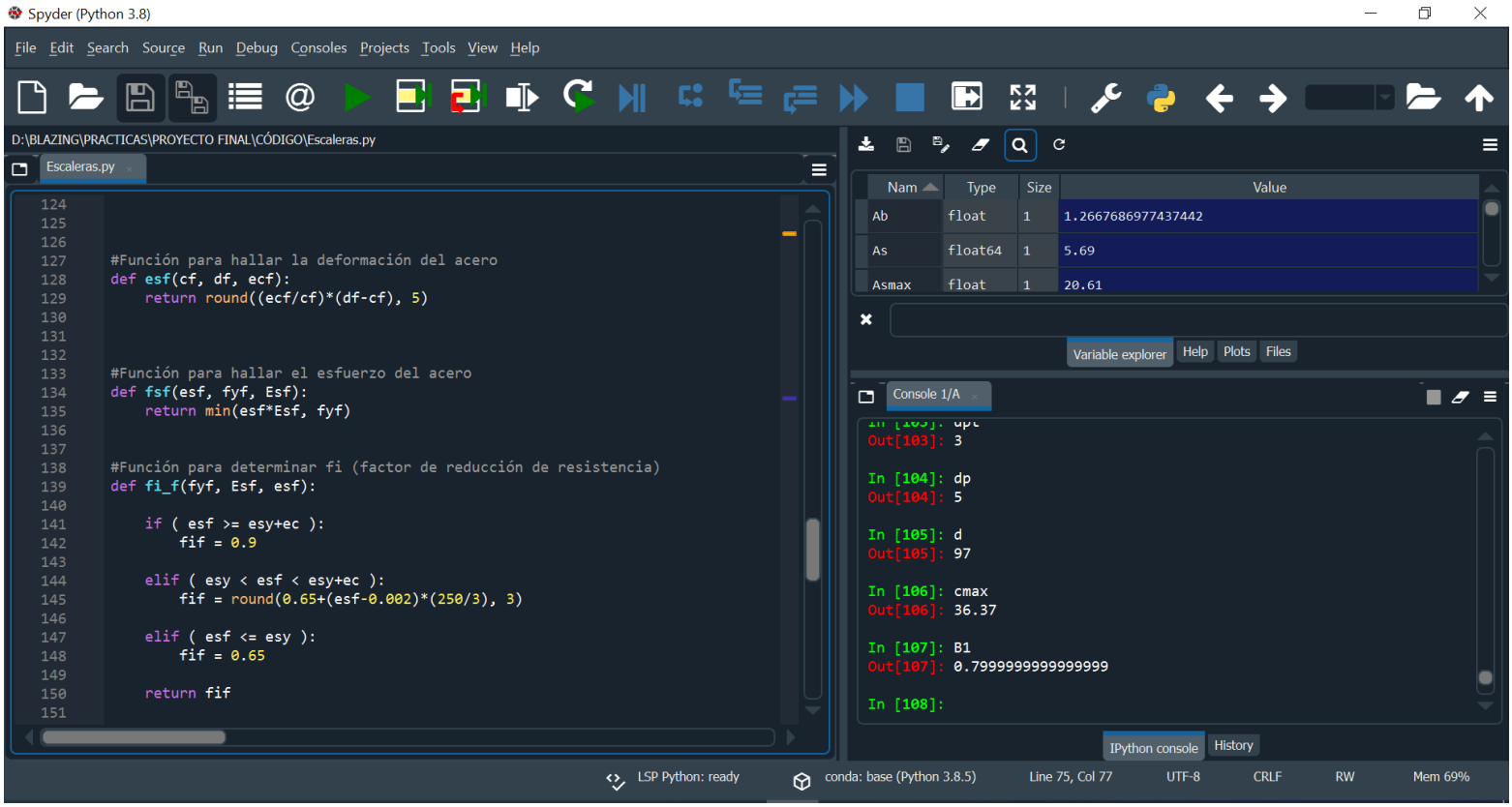


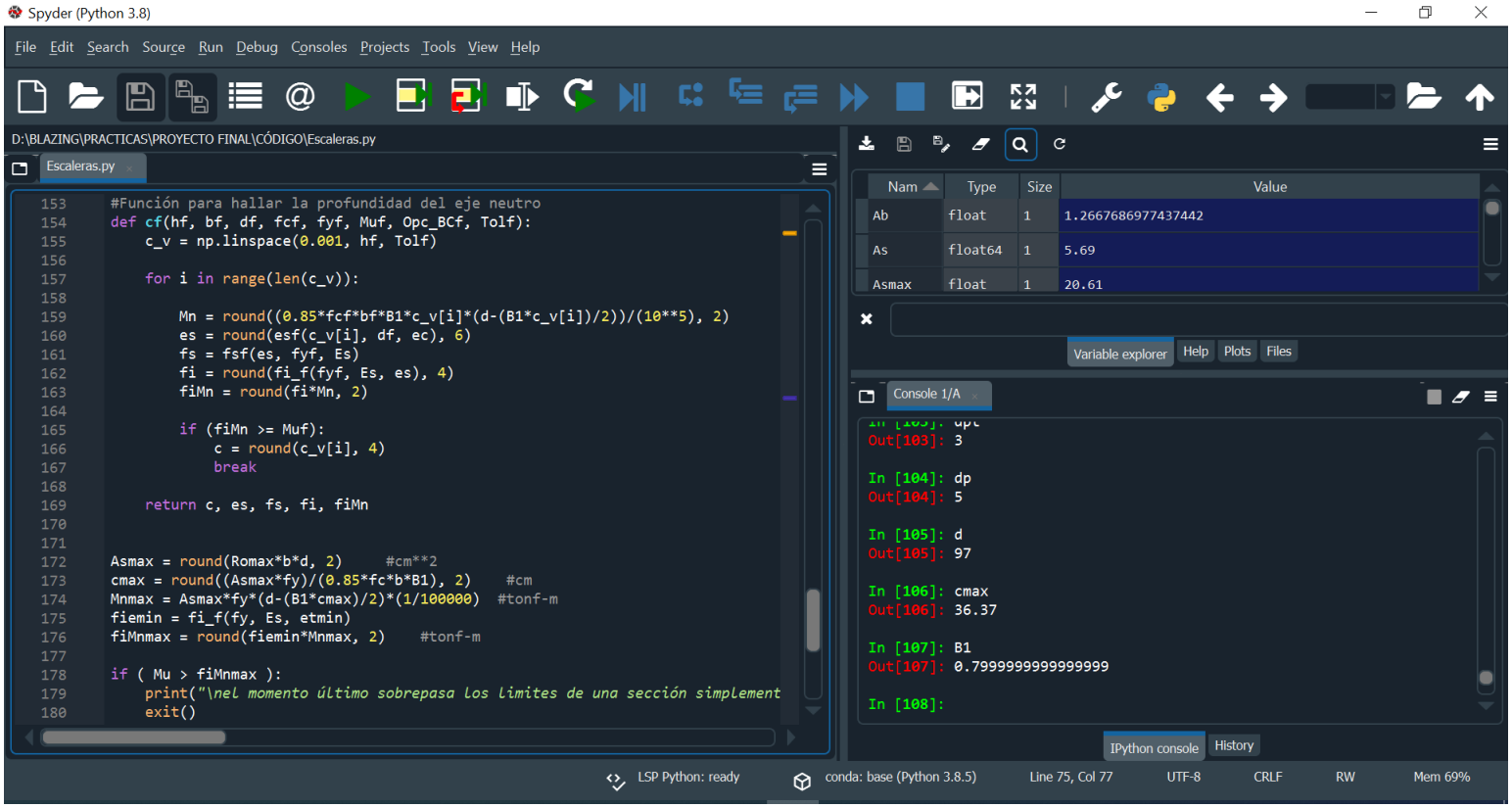
4. **Momento máximo para una viga simplemente apoyada y con cargas distribuida:** Para obtener el momento máximo que se efectúa sobre el elemento simplemente apoyado, esta fórmula proviene de una formulación establecida por la estática: $M_{max} = \frac{w_u * l^2}{8}$, donde (wu) es la carga lineal mayorada obtenida por la mayoración de carga y (l) es la longitud del elemento.

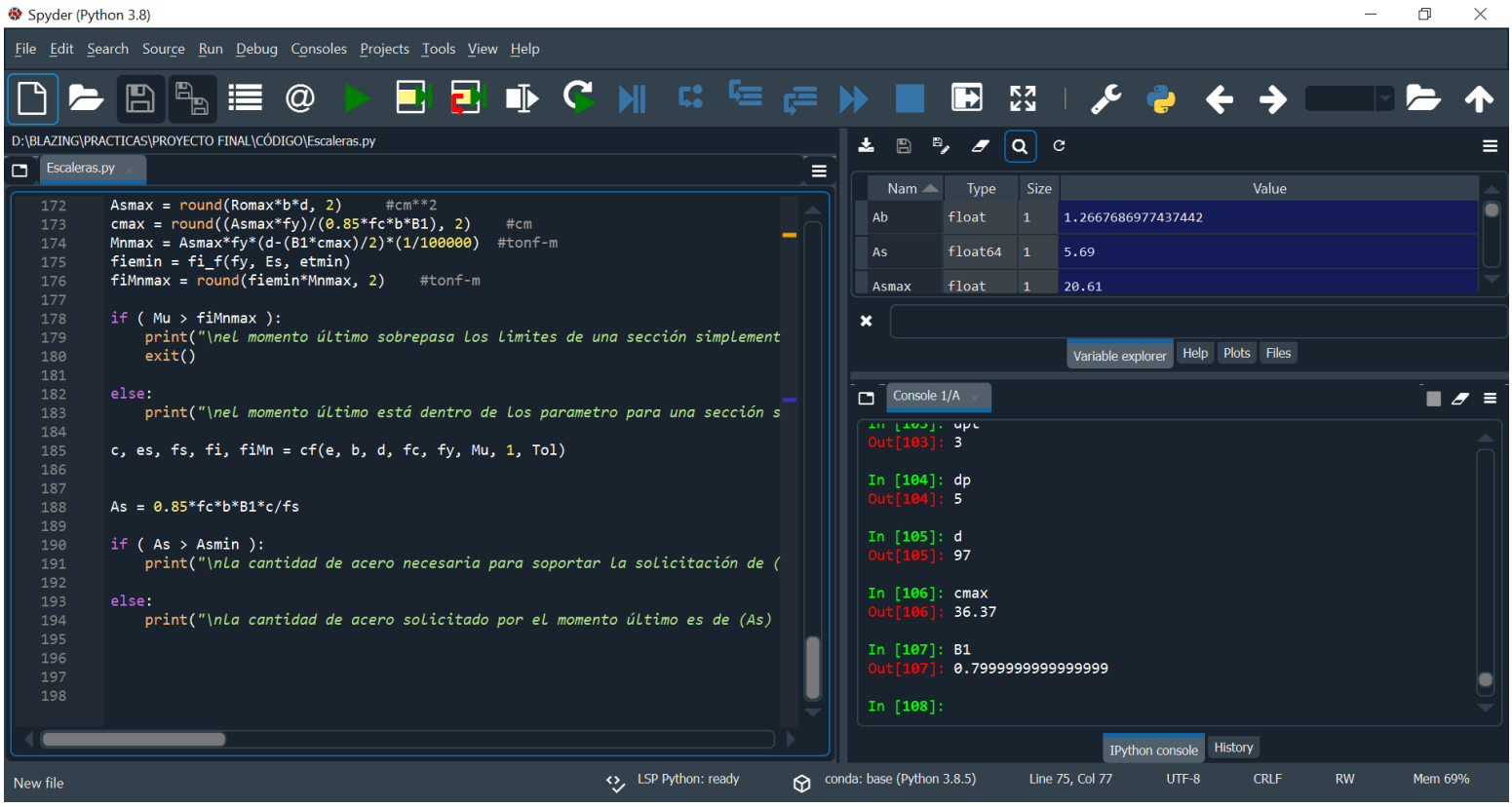


5. **Diseño a flexión por resistencia última:** aquí ya procederemos a la aplicación de ecuaciones físicas por equilibrio (sumatoria de fuerzas igual a cero y sumatoria de momentos igual a cero). Donde a partir de parámetros como: la altura y base del elemento, resistencia del concreto a compresión, el esfuerzo de fluencia del acero, el recubrimiento del concreto hasta el punto medio de la barra de acero a colocar y el momento máximo de las solicitudes que se aplican sobre el elemento.
   Con los datos anteriores el código diseñado, se encargará de entregarnos el acero suficiente para poder soportar las solicitudes de cargas.

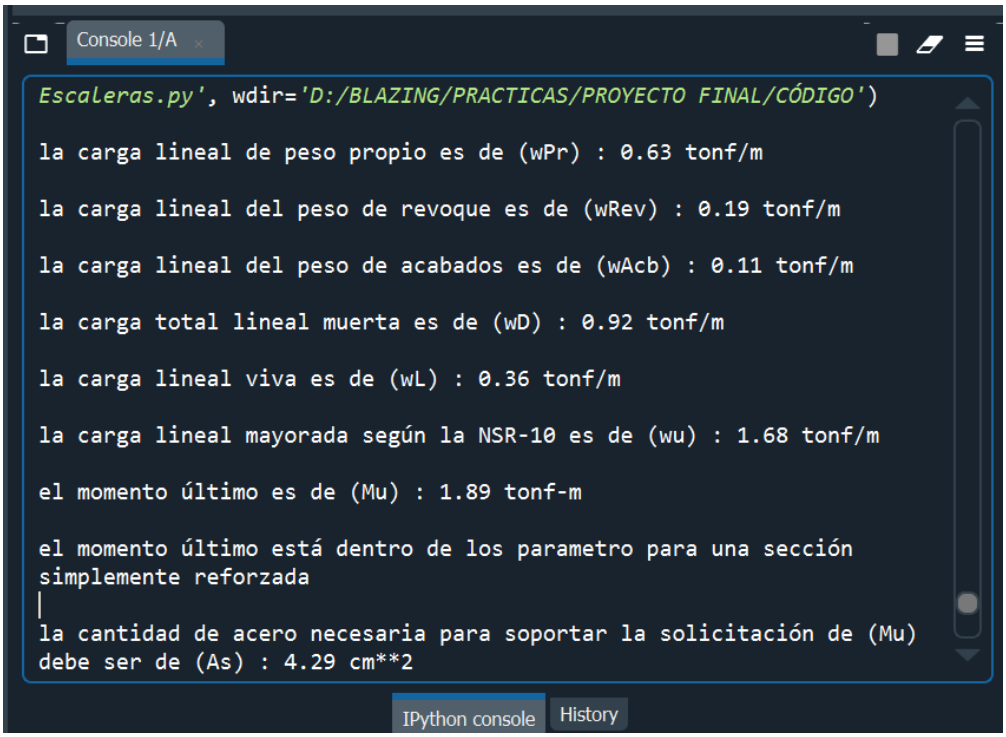



Spyder (Python 3.8)
File Edit Search Source Run Debug Consoles Projects Tools View Help
D:\BLAZING\PRACTICAS\PROYECTO FINAL\CÓDIGO\Escaleras.py
Escaleras.py
#Función para hallar la deformación del acero
def esf(cf, df, ecf):
return round((ecf/cf)*(df-cf), 5)
#Función para hallar el esfuerzo del acero
def fsf(esf, fyf, Esf):
return min(esf*Esf, fyf)
#Función para determinar fi (factor de reducción de resistencia)
def fi_f(fyf, Esf, esf):
if (esf >= esy+ec):
fif = 0.9
elif (esy < esf < esy+ec):
fif = round(0.65+(esf-0.002)*(250/3), 3)
elif (esf <= esy):
fif = 0.65
return fif
Nam Type Size Value
Ab float 1 1.2667686977437442
As float64 1 5.69
Asmax float 1 20.61
Variable explorer Help Plots Files
Console 1/A
Out[103]: 3
In [104]: dp
Out[104]: 5
In [105]: d
Out[105]: 97
In [106]: cmax
Out[106]: 36.37
In [107]: B1
Out[107]: 0.7999999999999999
In [108]:
IPython console History
LSP Python: ready
conda: base (Python 3.8.5)
Line 75, Col 77
UTF-8
CRLF
RW
Mem 69%


Spyder (Python 3.8)
File Edit Search Source Run Debug Consoles Projects Tools View Help
D:\BLAZING\PRACTICAS\PROYECTO FINAL\CÓDIGO\Escaleras.py
Escaleras.py
#Función para hallar la profundidad del eje neutro
def cf(hf, bf, df, fcf, fyf, Muf, Opc_BCf, Tolf):
c_v = np.linspace(0.001, hf, Tolf)
for i in range(len(c_v)):
Mn = round((0.85*fcf*bf*B1*c_v[i]*(d-(B1*c_v[i])/2))/(10**5), 2)
es = round(esf(c_v[i], df, ec), 6)
fs = fsf(es, fyf, Es)
fi = round(fi_f(fyf, Es, es), 4)
fiMn = round(fi*Mn, 2)
if (fiMn >= Muf):
c = round(c_v[i], 4)
break
return c, es, fs, fi, fiMn
Asmax = round(Romax*b*d, 2) #cm**2
cmax = round((Asmax*fy)/(0.85*fc*b*B1), 2) #cm
Mnmax = Asmax*fy*(d-(B1*cmax)/2)*(1/100000) #tonf-m
fiemin = fi_f(fy, Es, etmin)
fiMnmax = round(fiemin*Mnmax, 2) #tonf-m
if (Mu > fiMnmax):
print("\nel momento último sobrepasa los limites de una sección simplement
exit()
Nam Type Size Value
Ab float 1 1.2667686977437442
As float64 1 5.69
Asmax float 1 20.61
Variable explorer Help Plots Files
Console 1/A
Out[103]: 3
In [104]: dp
Out[104]: 5
In [105]: d
Out[105]: 97
In [106]: cmax
Out[106]: 36.37
In [107]: B1
Out[107]: 0.7999999999999999
In [108]:
IPython console History
LSP Python: ready
conda: base (Python 3.8.5)
Line 75, Col 77
UTF-8
CRLF
RW
Mem 69%



6. **Resultados:**



8. CRONOGRAMA:

De acuerdo a las funciones y las actividades realizadas ubíquelas a través de un diagrama de Gantt (ver ejemplo)

FASES	ACTIVIDAD	SEMANAS															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
FASE I	Adquisición de equipo computacional																
	Compra de servicio de internet																
FASE II	Instalación de lenguaje Python																
	Instalación de librerías Python																
FASE III	Iniciación de líneas de códigos																
	Chequeo y verificación de líneas de código																
	Acompañamiento de Ingeniero computacional																
FASE IV	Redacción de informe																

9. PRESUPUESTO:

No.	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	DEDICACIÓN	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	PERSONAL					$ 3.700.000,00
1.1	Apoyo profesional	Unidad	1	7	$ 500.000,00	$ 3.500.000,00
1.2	Acompañamiento técnico	Unidad	1	1	$ 200.000,00	$ 200.000,00
2	LOGISTICA					$ 150.000,00
2.1	Internet	Global			$ 150.000,00	$ 150.000,00
3	MATERIAL					$ 2.620.000,00
3.1	Pantalla (pc)	Global			$ 430.000,00	$ 430.000,00
3.2	Torre (pc)	Global			$ 1.500.000,00	$ 1.500.000,00
3.3	Teclado (pc)	Global			$ 110.000,00	$ 110.000,00
3.4	Mouse (pc)	Global			$ 50.000,00	$ 50.000,00
3.5	Escritorio	Global			$ 400.000,00	$ 400.000,00
3.6	Silla	Global			$ 130.000,00	$ 130.000,00

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

La toma de tiempo en el diseño completo de una escalera simplemente reforzada de manera manual lleva a cabo cierta cantidad de tiempo los cuales sí hoy en día se quiere estar en el mercado de la competencia a nivel de diseño estructural, los plazos de entrega de proyectos juegan un papel sumamente importante, se debe optimizar los procesos de diseño. Debido a la problemática planteada, se derivó al desarrollo de un código automatizado los cuales presenta una realización del problema de aproximadamente 5 segundos, dándonos el resultado de todo el proceso de manera consecutiva.
Ya automáticamente el código opera las diversas facetas que conlleva el diseño de escalera, tales como: los análisis de carga, las mayoraciones de cargas según la NSR-10 y por último los datos fundamentales por el cual se hace estos diversos cálculos, la cantidad de acero necesario para soportar las solicitudes de carga.
La toma de estos tiempos, a la empresa le otorga la oportunidad de competir con otras grandes empresas que se encuentre en la competencia por demostrar la calidad y optimización en los tiempos de proyectos.

La empresa prestó el acompañamiento ingenieril y computacional para llevar a cabo la programación de la automatización de los procesos para la solución al problema.

Para líneas futuras mis planteamientos a soluciones de problemas en las ejecuciones de diseños son:

- Diseño y diagramado (CAD) de escaleras de 1 tramo, 2 tramos y 3 tramos.

- Hojas de cálculos automatizadas.
    - Diseño de zapatas aisladas (flexión, cortante y punzonamiento)
    - Diseño de zapatas corridas (flexión, cortante y punzonamiento)
    - Diseño de zapatas combinadas (flexión, cortante y punzonamiento)

10.BIBLIOGRAFÍA

Challenger-Pérez, I., Díaz-Ricardo, Y., & Becerra-García, R. A. (2014). *El lenguaje de programación Python*.

Bolivar Delgado, J. E. (2015). *Análisis Estructural y Diseño En Concreto Armado Del Hotel "Cayma" Arequipa.*

Rochel, R. Awad (2007). *Hormigón Reforzado*.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Tomo 2. (Bogota, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2010).

Cobaleda Zapata, D., Beltrán Gamboa, S. G., Aristizábal Gómez, J., Torres, J. D. L. R., Omaña Duarte, M. Á., Gonzalez, P. P., & Alcázar López, R. (1983). *Escaleras*.