



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE GRADUADOS EN CIENCIAS ECONÓMICAS

MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE NEGOCIOS

TRABAJO FINAL DE APLICACIÓN

“Análisis de riesgo de un proyecto de inversión mediante el
Método de Montecarlo en condiciones de incertidumbre”

Autor: Ignacio Villagra Torcomian

Tutor: Carla Lubrina

Córdoba

2017



Análisis de riesgo de un proyecto de inversión mediante el Método de Montecarlo en condiciones de incertidumbre by Ignacio Villagra Torcomian is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Agradecimientos

A mi familia, amigos y a todos los que me ayudaron en estos dos años de maestría.

Índice de contenidos

A. PRESENTACION DEL PROYECTO	- 1 -
A.1 PROBLEMA.....	- 1 -
I. Contexto	- 1 -
II. Definición del problema	- 3 -
III. Objetivos del trabajo	- 3 -
IV. Límites o Alcance del trabajo	- 4 -
V. Ejes temáticos	- 4 -
B. DESARROLLO DEL PROYECTO	- 5 -
B.1 MARCO TEÓRICO	- 5 -
B.2 METODOLOGÍA	- 9 -
I. Costos	- 10 -
II. Ingresos	- 13 -
III. Método de Montecarlo	- 16 -
IV. Hallazgos preliminares	- 17 -
B.3 TRABAJO DE CAMPO.....	- 22 -
I. Resultados del Método de Montecarlo	- 30 -
C. CIERRE DEL PROYECTO.....	- 34 -
C.1 CONCLUSIONES FINALES.....	- 34 -
C.2 BIBLIOGRAFÍA	- 36 -

Índice de gráficos

Gráfico 1. Total estudiantes de la Universidad Nacional de Córdoba. 2005-2015.....	- 2 -
Gráfico 2. Matriz de enfoques	- 7 -
Gráfico 3. Índice de venta de departamentos y casas. Ciudad de Córdoba.....	- 15 -
Gráfico 4. Ejemplo de distribución el VAN.....	- 17 -
Gráfico 5. Variación PBI Argentina. 2005-2016	- 18 -
Gráfico 6. Variación porcentual IPC Argentina. 2005-2016.....	- 19 -
Gráfico 7. Curva de costos del proyecto	- 21 -
Gráfico 8. Distribución de probabilidad de los VAN obtenidos.....	- 33 -

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados de la regresión línea.	- 16 -
Tabla 2. Proyección PBI Argentina. Variación % anual	- 19 -
Tabla 3. Proyección IPC Argentina. Variación % anual	- 20 -
Tabla 4. Curva de costos del proyecto	- 21 -
Tabla 5. Resultados del método de Montecarlo	- 31 -

A. PRESENTACION DEL PROYECTO

La idea del presente trabajo consiste en evaluar un proyecto de inversión inmobiliaria utilizando un método de simulación de variables aleatorias, más precisamente, el método de Montecarlo.

El proyecto inmobiliario consiste en la construcción de una residencia universitaria en la Ciudad de Córdoba para la posterior venta de sus habitaciones a inversores interesados. La idea surge a partir del hecho del atractivo que puede representar un plan de este tipo en una ciudad caracterizada por la gran magnitud de estudiantes que recibe todos los años.

Es importante aclarar que el segmento de mercado al que se dirige este proyecto es el de personas con un poder adquisitivo suficiente que les permite adquirir departamentos como forma de ahorro o inversión. En este caso, podrán hacerlo a precios más accesibles ya que se trata de habitaciones de una residencia universitaria que, lógicamente, presentan una menor superficie que cualquier monoambiente de la ciudad. Luego, estas habitaciones serán alquiladas a estudiantes u otros inquilinos interesados que constituirían los clientes finales del proyecto.

A.1 PROBLEMA

I. Contexto

Córdoba es una ciudad que año a año recibe un gran caudal de estudiantes universitarios de distintos puntos de Argentina, incluyendo el interior de la provincia. El sobrenombre por el cual se la conoce, “La Docta”, está vinculado a que históricamente ha sido la cuna de los estudiantes en nuestro país.

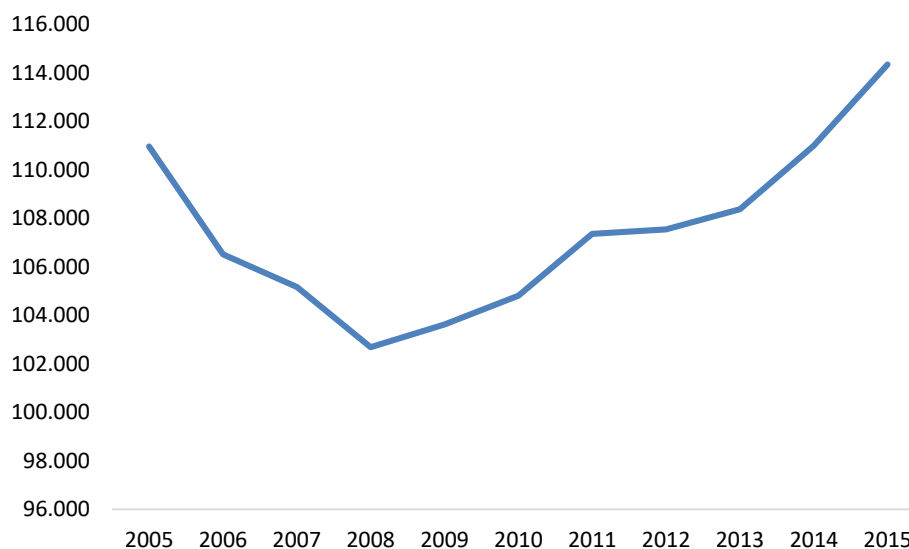
De acuerdo a los datos suministrados por el Anuario Estadístico de la Universidad Nacional de Córdoba, en el año 2015 la cantidad de alumnos superaba los 114 mil¹. Éste es un dato relevante a la hora de analizar el sector al cual se dirige el proyecto. No obstante, esta magnitud cobra mayor dimensión si se consideran aquellos estudiantes

¹ Fuente: <https://www.unc.edu.ar/sites/default/files/Anuario%20UNC%202015.pdf>

que asisten a universidades privadas o a institutos de nivel terciario que constituyen, a su vez, un número importante.

El Gráfico 1 muestra la evolución en la cantidad de estudiantes de la Universidad Nacional de Córdoba durante el período 2005-2015. Como puede observarse, a partir del año 2008 el número de alumnos comienza a crecer anualmente.

Gráfico 1. Total estudiantes de la Universidad Nacional de Córdoba. 2005-2015



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba

Por el lado de la oferta de este mercado, se observa que gira en torno de departamentos, pensiones de casas viejas o semejantes. Por ello, el proyecto representa una oportunidad para aquellos jóvenes que busquen condiciones agradables y a precios más accesibles para vivir en la ciudad durante sus estudios.

Un segmento secundario de mercado que puede llegar a estar interesado en el alquiler de una habitación de una residencia universitaria es el de las personas que necesitan alojamiento por estancias medias de entre 1 y 12 meses, ya sea por razones de estudio o trabajo. En primer lugar, a los propietarios de casas o departamentos no les atraer la idea de alquiler por pocos meses ya que prefieren inquilinos de larga duración. En segundo lugar, las opciones que surgen para este sector suelen asociarse a los alojamientos que se ofrecen a turistas, como hoteles u hostales, donde el precio por día o por semana suele ser bastante elevado. Por ende, se entiende que el alquiler de habitaciones en una residencia estudiantil que además cuenta con salas comunes y un ambiente agradable puede ser atractivo para este tipo de clientes temporarios también.

Se concluye, en resumen, que no sólo existe un mercado potencial para el proyecto de inversión que se desea analizar sino también un mercado final constituido por los futuros inquilinos.

II. Definición del problema

Argentina es un país que históricamente se ha caracterizado por desenvolverse en un contexto económico inestable e incierto, siendo prácticamente imposible estimar con cierto grado de confianza la rentabilidad de una inversión a corto plazo y, más aún, a mediano o largo plazo.

A partir de este problema surge una oportunidad para utilizar el Método de Montecarlo. Este método estadístico de simulación de variables aleatorias resulta sumamente atractivo en casos de incertidumbre ya que, mediante la repetición de una cantidad elevada de veces de las variables del modelo, permite cuantificar distintas evaluaciones de riesgo.

Sin embargo, este procedimiento requiere previamente poder determinar la distribución de probabilidades de las variables explicativas del modelo; éstas son las variables que influyen en el flujo de fondos del proyecto de inversión tanto por el lado de los ingresos como de los costos.

III. Objetivos del trabajo

Los objetivos de este trabajo final de aplicación son:

- Definir las variables macroeconómicas relevantes para el proyecto.
- Buscar la metodología apropiada para estimar la distribución de las variables explicativas mencionadas anteriormente o, en su caso, usar proyecciones realizadas por organismos confiables.
- Determinar cómo intervienen las variables en el flujo de fondos del proyecto de inversión.

- Demostrar que, mediante el método de simulación de Montecarlo y de distribución de variables, se obtienen análisis de riesgo confiables y precisos para la evaluación de un proyecto de inversión.
- Definir si es conveniente o no llevar a cabo el proyecto de la residencia universitaria a partir de la distribución de probabilidades del Valor Actual Neto del flujo de fondos.

IV. Límites o Alcance del trabajo

Los límites de este trabajo se circunscriben a demostrar la utilidad y efectividad de una herramienta práctica como el Método de Montecarlo para evaluar un proyecto de inversión en un contexto económico mayormente incierto como en el que históricamente se ha encontrado el país. Como se desprende, los fines del proyecto son más bien académicos sin detenerse tanto en su ejecución, que en este caso comprende la construcción del inmueble.

Como se mencionó previamente, la delimitación geográfica del trabajo está dada por la ciudad de Córdoba. La construcción de las habitaciones de la residencia universitaria para su posterior venta se llevará a cabo en un terreno de la ciudad en el barrio de Nueva Córdoba.

Los plazos que se estiman abarcan un año para la construcción y de dos a cinco años como máximo es el plazo que se tomará para evaluar el flujo de fondos, para lo cual se requerirá de las proyecciones de las variables macroeconómicas relevantes para el modelo. En el caso de que estas proyecciones no se encuentren disponibles en los reportes de los organismos internacionales o nacionales correspondientes, se estimará el comportamiento de dichas variables por medio de métodos econométricos adecuados.

V. Ejes temáticos

El presente trabajo de aplicación abarca los siguientes ejes temáticos:

- Proyecto de inversión: la idea de este proyecto surge como una oportunidad de inversión para personas de clase media/ media alta interesados en un sector con

potencial ante la necesidad de muchos estudiantes universitarios de Córdoba de obtener alojamientos de buena calidad pero a precios accesibles.

- Variables del modelo: son aquéllas que van a ser relevantes para el proyecto y que están sujetas a incertidumbre tanto por el lado de los ingresos como de los costos. Por ello, en un primer paso se debe identificarlas, por ejemplo, inflación, PBI, etc.
- Método de simulación de Montecarlo: este método estadístico va a permitir realizar un número suficiente grande de simulaciones para las variables mencionadas anteriormente, que dependen de una distribución de probabilidad dada. Resulta atractivo dentro del marco de incertidumbre económica en la que se encuadra el trabajo.
- Flujo de fondos: va a permitir observar el flujo de ingresos del proyecto durante el período de tiempo analizado.
- Valor Actual Neto (VAN): a partir del Método de Montecarlo se obtendrá una distribución de probabilidades para el VAN que permitirá evaluar la conveniencia de llevar a cabo el proyecto con un elevado nivel de confianza y de acuerdo al criterio que utilice el inversor.

B. DESARROLLO DEL PROYECTO

B.1 MARCO TEÓRICO

El riesgo y la incertidumbre son moneda corriente en las evaluaciones de proyectos de inversión que se realizan en cualquier lugar del mundo por el simple hecho de que se intenta determinar el valor presente de un proyecto que aún no se ha llevado a cabo. Estos factores se acentúan cuando se analiza en un contexto socioeconómico tan fluctuante e inestable como el de Argentina.

Siguiendo a Bazzani y Trejos (2008), el riesgo considera que los supuestos de la proyección se basan en probabilidades de ocurrencia que se pueden estimar, mientras que la incertidumbre aparece cuando se enfrenta a una serie de eventos futuros a los que es imposible asignar una probabilidad. Es decir, existen riesgos, cuando los posibles escenarios con sus resultados se conocen y existen antecedentes para estimar su

distribución de frecuencia y hay incertidumbre cuando los escenarios o su distribución de frecuencia se desconocen.

El método de simulación de Montecarlo ha sido utilizado en numerosos trabajos de investigación de distintas ramas científicas que van desde la física, biología y química hasta las ciencias blandas y de inclusión social como la economía.

Los orígenes del método aplicados como herramienta de investigación en este tipo de ciencias surgen a partir del trabajo que Stan Ulam y John Von Neumann desarrollaron en el laboratorio de Los Álamos en el año 1946 sobre la difusión de neutrones en el material de fisión. La idea consistía en estimar la conducta del proceso físico asignándole a cada una de las miles de posibilidades un valor aleatorio de acuerdo a la distribución de probabilidad de cada variable. Una de las primeras aplicaciones de este método a un problema determinista fue llevada a cabo en 1948 por Enrico Fermi, Ulam y von Neumann cuando consideraron los valores singulares de la ecuación de Schrödinger. Debido a que éste es un método probabilístico y aleatorio, se lo bautizó con el nombre de Montecarlo puesto a que esta ciudad es famosa por sus casinos y sus juegos de azar.

La simulación² de Montecarlo otorga una serie numerosa de resultados posibles, así como la probabilidad de que se produzcan, incluyendo tanto los resultados más extremos como los intermedios.

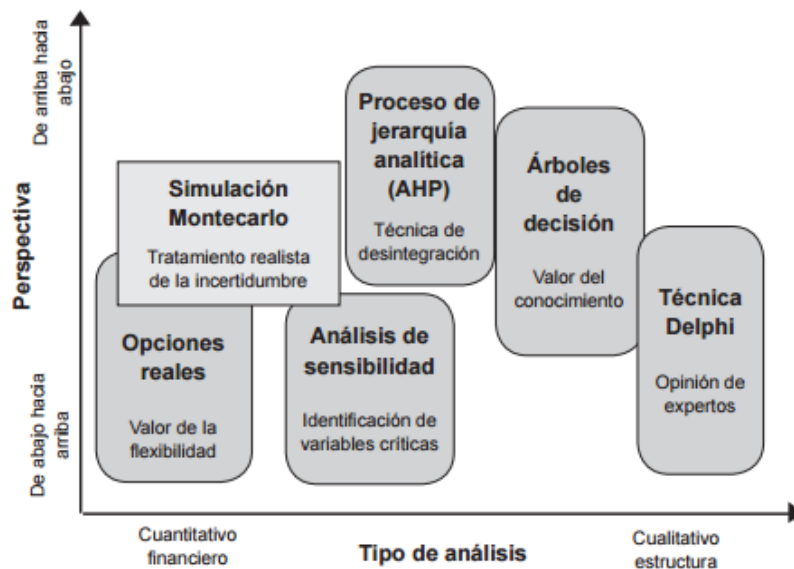
Entre las ventajas de este método se pueden mencionar:

- Considera todos los riesgos asociados a la evaluación del proyecto.
- Es un método directo, flexible y relativamente simple de implementar.
- Permite estudiar la relación entre las distintas variables explicativas del modelo.
- Presenta una distribución de probabilidades para el resultado, es decir que no solo muestra lo que puede suceder sino también su probabilidad.
- Los resultados anteriores pueden ser analizados gráficamente con facilidad.
- Permite, mediante un análisis de sensibilidad, observar qué variables influyen en mayor medida sobre los resultados finales.
- Ofrece la posibilidad de resolver problemas que no tienen solución analítica.

² Se entiende por simulación al proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo, a fin de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema (Robert E. Shannon, 1975).

Por estas razones, este método ofrece nuevas oportunidades y ventajas para la evaluación de proyectos en comparación con enfoques más tradicionales. Siguiendo a Leggio, Bodde y Taylor (2006), el Gráfico 2 muestra que la técnica de simulación de Montecarlo realiza un análisis del tipo cuantitativo financiero con una perspectiva orientada al tipo de arriba hacia abajo. Esto último implica un enfoque de las variables macro sobre las variables micro considerando las expectativas globales, la planeación estratégica y las condiciones del mercado.

Gráfico 2. Matriz de enfoques



Fuente: Leggio, Bodde y Taylor (2006)

Bazzani y Trejos (2008) utilizaron Montecarlo como metodología para analizar los riesgos en proyectos de inversión para empresas de Colombia, enfocándose en las ventajas que presenta este tipo de técnicas en economías volátiles e inestables propias de los países subdesarrollados.

Asimismo, Milanović, Milanović y Misita (2010), hicieron hincapié en la obsolescencia de ciertos métodos clásicos para la evaluación de proyectos de inversión, todos basados en la proyección del flujo de fondos, debido a que su implementación partía del supuesto de que el futuro era conocido y cierto. Los autores marcan que es a partir de la década del 90 que aparecen nuevos métodos, entre los que se incluye el

método de Montecarlo, que eliminan esa debilidad ya que generan una gran cantidad de escenarios diversos y simulaciones de efectos futuros que disminuyen significativamente el grado de error a la hora de la toma de decisiones sobre invertir.

Platon y Constantinescu (2014), por su parte, estudian el ya mencionado método para evaluar proyectos de inversión en situaciones de riesgo utilizando el criterio del Valor Actual Neto. Los autores señalan la fácil implementación del procedimiento y la valiosa información que genera cuando se analizan proyectos de este tipo en condiciones de riesgo.

Toro, Ledezma y Escobar (2015) proponen un modelo de evaluación de proyectos de inversión bajo condiciones de riesgo en instituciones de educación superior en Colombia. En su estudio, los autores demuestran que el método de simulación de Montecarlo puede ser una herramienta poderosa para validar resultados en contextos de alta variabilidad, siendo capaz de producir gran cantidad de escenarios en donde cada variable toma un valor dentro de su distribución de probabilidad.

En la misma línea, Maric y Grozdic (2016), aplican la técnica de Montecarlo para evaluar un proyecto de inversión para el sector energético, más específicamente, en una nueva planta que combinara producción de energía eléctrica y térmica. Como variables explicativas del modelo, los autores utilizaron el ingreso total, costos variables, inversión inicial y la tasa de descuento. Los resultados de su trabajo fueron positivos en cuanto arrojaron que el proyecto sería exitoso en un 86,1% de los casos siguiendo el criterio del VAN y en un 91,1% bajo el criterio de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

La bibliografía consultada permite deducir que el método de simulación de variables aleatorias de Montecarlo ha sido y continúa siendo un instrumento valioso para trabajos de aplicación de diversos ámbitos y rubros. Teniendo en cuenta los estudios de investigación mencionados en este apartado, los autores siempre se enfocan en las ventajas que presenta el método como herramienta para proveer información confiable ante situaciones de riesgo.

B.2 METODOLOGÍA

La conveniencia sobre llevar a cabo o no el proyecto se determina a partir de la distribución del VAN (en este caso se define este criterio), luego de obtener la distribución del flujo de fondos a partir del ya mencionado Método de Montecarlo. El VAN se fundamenta en que el valor del dinero va cambiando con el paso del tiempo, por lo que este método permite, como lo indica su nombre, conocer el valor presente en dinero de un proyecto que se extenderá por un período de meses o años, combinando flujos de fondos positivos y negativos. La fórmula para determinar el VAN de un proyecto se define de la siguiente forma:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

F_t son los flujos del dinero en el período t .

I_0 es la inversión inicial realizada en el momento 0.

n es el número de períodos de tiempo.

k es la tasa de descuento utilizada.

De acuerdo al resultado que surja del VAN, los criterios de decisión serán los siguientes:

- VAN > 0: las ganancias obtenidas con la inversión superan la rentabilidad exigida, por lo que debe aceptarse el proyecto.
- VAN = 0: la inversión realizada no genera beneficios ni pérdidas por lo que la realización del proyecto resulta indiferente y depende del criterio del inversor.
- VAN < 0: las ganancias obtenidas con la inversión no alcanzan a cubrir la rentabilidad exigida, por lo que debe rechazarse el proyecto.

Para realizar el análisis deben determinarse, en primer lugar, cuáles son las variables independientes que intervienen en el modelo para explicar los ingresos y los costos del proyecto.

I. Costos³

El proyecto de inversión que se evaluará será una residencia universitaria que deberá localizarse en barrio Nueva Córdoba de la ciudad. Debido a que el producto final está dirigido principalmente al sector estudiantil, se piensa que es la mejor ubicación teniendo en cuenta la cercanía con la Ciudad Universitaria, que permite que los estudiantes puedan llegar caminando o en bicicleta sin necesidad de depender del transporte público.

Como idea principal se plantea un edificio de 7 pisos de una superficie de 150 m² cada uno. El primer paso del proyecto consiste en el diseño del edificio, el cual estará a cargo de un estudio de arquitectura de la ciudad. Dadas las características del emprendimiento, serán necesarios aproximadamente 12 meses para que el producto se encuentre terminado. La inversión inicial consiste en la compra del terreno y los gastos de construcción del complejo, montos que serán determinados por una importante empresa constructora de la Ciudad de Córdoba. Teniendo en cuenta que la mayoría de los costos de mano de obra e insumos son de origen local, éstos irán ajustándose por la inflación.

La estructura de la residencia se determinará teniendo en cuenta una serie de pautas dispuestas en el informe presupuestario del Ministerio de Educación de la Nación titulado "Infraestructura básica para residencias estudiantiles universitarias"⁴. Siguiendo las consideraciones de dicho informe, a continuación se detallan las dimensiones de las habitaciones que presentará la residencia universitaria del proyecto:

- Estar: De acuerdo a lo dispuesto por el Ministerio de Educación de la Nación, las residencias universitarias deben contar con un espacio de uso común para recreación y dispersión. Es necesario que estas habitaciones dispongan de ventanas de ventilación e iluminación. La superficie mínima del hueco de la ventana debe ser de 1/12 de la superficie en planta de la habitación, la cual puede repartirse en una o más aberturas distribuidas en dicho espacio.

³ Es importante remarcar que todas las especificaciones referidas a la construcción de inmueble, costos generales, superficie y plazos de construcción, entre otras, fueron consultadas con profesionales especializados en el área.

⁴

Fuente: http://informacionpresupuestaria.siu.edu.ar/DocumentosSPU/comedores/Proyecto_de_Infraestructura_Residencias_Unversitarias_final.pdf

Estas salas deben estar ubicadas preferentemente cerca de los lugares de acceso y alejadas de los dormitorios, por ser lugares ruidosos, y deberán contemplar al menos un acceso para personas con movilidad reducida, tanto desde el exterior como desde las habitaciones accesibles.

Dado que en las condiciones anteriores no se incluye una superficie estándar, para este proyecto se considerará una sala estar de 40 m².

- Dormitorios: Como se mencionó en el apartado anterior, los dormitorios deberán localizarse en sectores alejados de las salas ruidosas, como la sala de estar.

La residencia contará con dormitorios de dos plazas, que tendrán una superficie de 9 m². Debe mencionarse que estos dormitorios contarán con sectores internos de estudio.

En total, la residencia contará con 56 dormitorios que permitirán alojar a 112 personas.

- Baños: Las normas establecen que debe haber un baño disponible cada cuatro plazas. La residencia contará con baños dentro de los dormitorios de 3,20 m² cada uno (esta superficie no está incluida en la superficie de la habitación mencionada anteriormente). Cada baño debe contener ducha, lavatorio, inodoro y bidet.

Además, la residencia incluirá un baño accesible para todos los huéspedes completamente equipado según las normas correspondientes y con una superficie de 3,50 m².

- Cocina: Si bien en el informe presupuestario del Ministerio de Educación de la Nación no se notifican los requisitos que debe cumplir la cocina de la residencia, en este caso se supone una cocina totalmente equipada de una superficie de 6 m². Habrá una cocina por piso.
- Ascensores: De acuerdo a lo dispuesto por el Artículo 3° de la ordenanza N° 10741/04 del Concejo Deliberante de la Ciudad de Córdoba, los edificios de piso

bajo y más de tres pisos altos, deben llevar obligatoriamente uno o más ascensores, los que no se computarán como medios de salida exigidos. Por ello, la residencia contará con dos ascensores de 2 m2 cada uno.

La curva de costos del proyecto será evaluada y proporcionada por la misma empresa constructora mencionada al inicio de este apartado. Estos datos se presentan en la sección de hallazgos preliminares.

Los costos se irán actualizando mensualmente por inflación⁵ para poder realizar una correcta interpretación del flujo de fondos y luego se descuentan por una tasa de interés de referencia para poder calcular el valor actual.

Como se mencionó al inicio, la construcción del edificio se llevará a cabo a lo largo de 12 meses. En el período cero se realizan la compra del terreno con un valor estimado de USD 207.000⁶. Luego, durante los primeros meses se ejecutan las obras de fundaciones y primeros pisos del edificio, que se estiman como un 25% del costo total de la construcción. El costo de construcción se calcula multiplicando la cantidad de metros a construir por el costo unitario del metro cuadrado que, de acuerdo a una importante empresa constructora de la Provincia de Córdoba, a junio del 2017 es de \$ 18.930,59 incluidos impuestos, cargas sociales, gastos y beneficios.

Durante los meses restantes se realiza el 75% del gasto restante en el edificio y adicionalmente se compran los 2 ascensores.

Es importante aclarar que, una vez puesto en marcha el proyecto, los inversores deberán hacerse cargo de los gastos operativos del proyecto. En consecuencia, estos gastos no forman parte del flujo de fondos puesto que son trasladados completamente a los clientes. Es por esto que el costo se calcula como:

$$\text{Costo} = (1 - \% \text{ de ocupación}) * \text{cantidad de habitaciones no vendidas} \\ * \text{costo estimado de mantenimiento de la habitación}$$

Adicionalmente, se agregan los costos de comercialización a cargo de una inmobiliaria encargada de la comercialización, cuya comisión será de un 3% por venta.

⁵ Si bien es sabido que en el sector de la construcción es conveniente actualizar precios por el Índice de Costos de la Construcción (ICC), al no existir proyecciones de dicho indicador, se considera el IPC de acuerdo a las sugerencias brindadas por inmobiliarias consultadas.

⁶ El dato fue suministrado por una inmobiliaria reconocida de la zona a un tipo de cambio de 18 \$/USD.

Por último, los gastos impositivos incluyen IVA, cuya tasa para este tipo de empresas es del 10,5% a pagar mensualmente, y el impuesto a las ganancias, que representan el 35% y se computan en caso de que las ganancias del mes/año hayan sido positivas.

II. Ingresos

El flujo de ingresos del emprendimiento viene dado por las ventas mensuales de las habitaciones durante el período considerado descontadas por una tasa de interés de referencia. Estos ingresos se calculan multiplicando el precio por la cantidad de habitaciones vendidas en cada momento.

En primer lugar, se define el precio de venta de las habitaciones que van a ser adquiridas por los inversores, para lo cual se consultó a una inmobiliaria reconocida de la zona. El precio estimado fue de \$ 935.000 la unidad. Este precio se estima en pesos al mes 13 (mes en el que ya finalizó la construcción del edificio).

En segundo lugar, se detalla la modalidad en que las habitaciones pueden ser adquiridas por los clientes interesados, en donde se diferencia entre preventa (antes del mes 13, es decir, previo a que el edificio se encuentre completamente finalizado) y venta (a partir del mes 13, es decir, el edificio ya se encuentra construido). A su vez, las opciones se clasifican según la forma de pago. A continuación, se describen las cuatro opciones:

- Preventa, pago de contado: la compra se realiza antes del mes 13. A los clientes que se inclinan por esta modalidad se les hace un descuento del 15% sobre el valor de la unidad.
- Preventa con financiamiento: la compra se realiza antes del mes 13. Los clientes que se inclinan por esta modalidad deben abonar el 50% de la unidad al contado, sobre el que se les hace un descuento del 15% sobre el valor de la unidad. El restante 50% debe abonarse en 12 cuotas mensuales capitalizadas a una tasa de interés del 1,5% mensual.

- Venta al contado: la compra se realiza a partir del mes 13. Se paga el valor de la habitación correspondiente al mes en que se adquiere, cuyo precio se va actualizando mensualmente de acuerdo a las proyecciones del IPC.
- Venta con financiamiento: la compra se realiza a partir del mes 13. Los clientes que se inclinan por esta modalidad deben abonar el 50% de la unidad al contado. El restante 50% debe abonarse en 12 cuotas mensuales capitalizadas a una de tasa de interés del 1,5% mensual.

Para definir el esquema de ventas, es decir, la estimación de cuántas habitaciones se supone serán vendidas mes a mes se planteó en un principio que la demanda dependía de dos variables macroeconómicas: Producto Bruto Interno (PBI) real per cápita e inflación.

El supuesto planteaba una correlación positiva de ambas variables con la venta de habitaciones. Es decir, a mayor PBI real per cápita, mayor demanda para comprar habitaciones de la residencia debido a que mejora la situación económica. A su vez, se esperaba que a mayor inflación, mayor fuera la demanda en el mercado inmobiliario como alternativa de inversión para refugiarse ante el aumento sostenido en el nivel general de precios.

Para corroborar la hipótesis de correlación positiva entre estas variables y la venta de habitaciones se planteó una regresión lineal de la siguiente forma:

$$Hab_i = \alpha + \beta PBIr_i + \gamma IPC_i + \varepsilon$$

Donde:

Hab_i representa la demanda de habitaciones del período i , y es la variable dependiente de este modelo.

β es el coeficiente asociado al PBI real per cápita que indica en cuánto cambian las ventas por cada unidad de cambio en el PBI real per cápita. Se supone positivo.

$PBIr_i$ representa el PBI real per cápita para el período i . Es una de las variables explicativas del modelo.

γ es el coeficiente asociado al IPC que indica en cuánto cambian las ventas por cada unidad de cambio en el IPC. Se supone positivo.

IPC_i representa el Índice de Precios del Consumidor para el período i . Es una de las variables explicativas del modelo.

ε representa el error aleatorio del modelo.

En este caso, como variable proxy de la demanda de habitaciones de la residencia universitaria, se utilizó la demanda de departamentos y casas de la Ciudad de Córdoba. Este dato surge del Índice de Ventas de Inmuebles en Córdoba elaborado por la Cámara Empresarial de Desarrollistas Urbanos de Córdoba (CEDUC).

Como puede observarse en el Gráfico 3, la venta de casas y departamentos en la ciudad de Córdoba muestra una tendencia decreciente para el período que va desde mayo de 2010 a abril de 2017, evidenciando el impacto negativo sufrido por el sector.

Gráfico 3. Índice de venta de departamentos y casas. Ciudad de Córdoba.



Fuente. Cámara Empresarial de Desarrollistas Urbanos de Córdoba (CEDUC)

Los datos del PBI se tomaron de la página oficial del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) mientras los datos del IPC surgen de estimaciones propias elaboradas sobre la base del INDEC, IPC Santa FE, IPC San Luis y el IPC Congreso.

Los resultados de la regresión⁷ se muestran a continuación:

⁷ Se utilizó el software STATA.

Tabla 1. Resultados de la regresión línea.

Hab	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
PBIr	-0,0000655	0,0000746	-0,88	0,389	-0,0002195	0,0000885
IPC	-0,672311	0,0888249	-7,57	0,245	-0,8556366	-0,4889855
_cons	141,5944	52,88747	2,68	0,013	32,44009	250,7488

Como muestra la Tabla 1, los coeficientes de ambas variables explicativas no resultan significativos al 10% por lo que se concluye que no existe correlación alguna entre estas variables y la compra de las habitaciones. Por ello, se decide no considerarlas.

Por estas razones, la elaboración del esquema de ventas se realizó mediante consultas con especialistas en las que se determinó que se venderían de 0 a 2 habitaciones por mes en los primeros 12 meses (el 50% por preventa al contado y el 50% por preventa con financiamiento) y a partir del mes 13 se venderían de 1 a 3 habitaciones por mes bajo la misma modalidad (50% al contado y 50% con financiamiento).

En resumen, los ingresos de cada mes estarán comprendidos por las ventas que se efectúen en dicho mes (en caso de que se hayan vendido habitaciones) y por las cuotas que se cobren que correspondan a ventas de meses anteriores. En términos matemáticos puede expresarse así:

$$I = f(\text{ventas habitaciones}, \text{cuotas ventas anteriores})$$

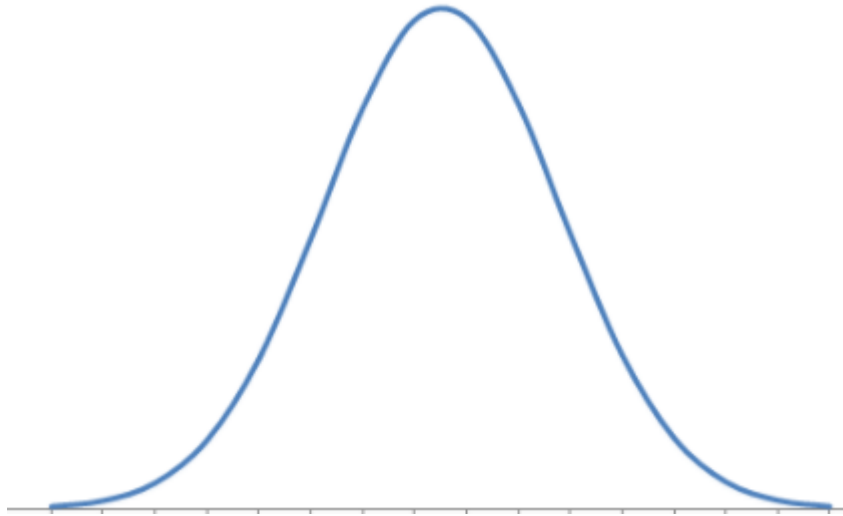
III. Método de Montecarlo

Una vez definidas las variables macroeconómicas que influyen sobre los ingresos y los costos del proyecto, se procederá a efectuar una “tirada” aleatoria de estas variables con el software MATLAB. Los valores que pueden asumir dichas variables dependen de su distribución de probabilidad determinada a partir de los datos proyectados que se disponen. El ejercicio se realiza una cantidad elevada de veces, por ejemplo 10.000⁸, obteniendo así un VAN para cada tirada. Como resultado, se obtiene una función de distribución del VAN que genera estimaciones de probabilidades de éxito o fracaso.

Esta función de distribución puede llegar a ser aproximadamente normal. A modo de ejemplo, se presenta el Gráfico 4.

⁸ Lógicamente, a mayor número de repeticiones mayor será el nivel de confiabilidad de los resultados.

Gráfico 4. Ejemplo de distribución el VAN.



Luego, si la probabilidad de que el VAN sea mayor a cero es mayor a un determinado porcentaje definido discrecionalmente por el evaluador del proyecto de inversión según su propio criterio, se decidirá aceptar dicho proyecto. Puesto en fórmulas:

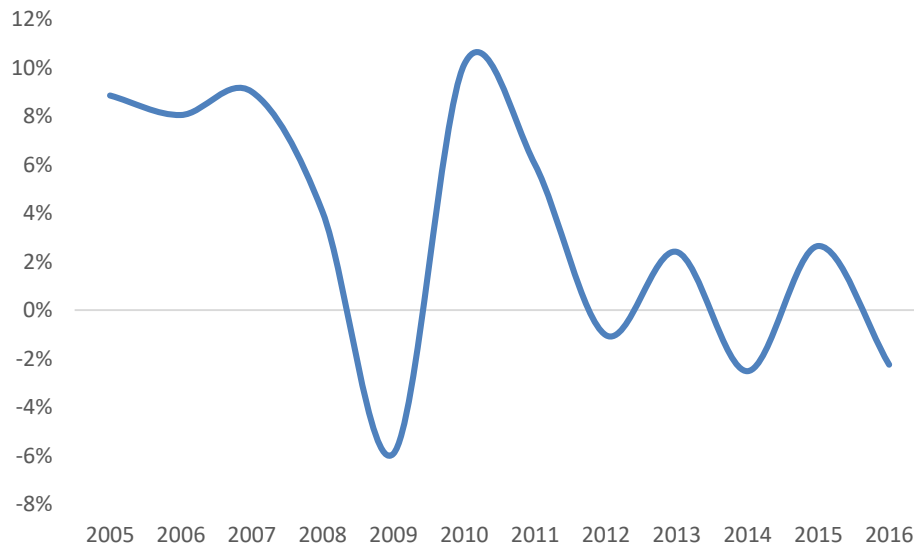
$$\text{Si } P(VAN > 0) \geq x\%$$

Donde x% es un porcentaje definido por el evaluador del proyecto de inversión.

IV. Hallazgos preliminares

Una de las causas que motiva la realización de este tipo de trabajos es, como se mencionó en apartados anteriores, el comportamiento irregular, imprevisible y cíclico que presenta históricamente la economía argentina. El Gráfico 5 permite ilustrar este último punto para los últimos 11 años, donde puede observarse la variación de la tasa de crecimiento económico del país.

Gráfico 5. Variación PBI Argentina. 2005-2016



Fuente. INDEC

Durante el período 2005-2008, el PBI tuvo un crecimiento positivo fruto de una coyuntura externa favorable y del mayor uso de la capacidad instalada de la industria luego de la gran crisis que azotó al país a comienzos de la década. Luego, en 2009, sufre una caída en el nivel de actividad como consecuencia de la crisis financiera internacional. La economía se recupera en el año 2010 a partir de altos precios de los commodities y un fuerte desarrollo de los principales socios comerciales, a lo que se le añadió los superávits fiscal y de la balanza comercial. Durante los años siguientes, el PBI continúa con su senda de crecimiento variable, alternando subas y bajas fundamentadas en políticas macroeconómicas de corto plazo, atraso cambiario y en un contexto externo que ya deja de ser tan favorable como en los años de auge.

De acuerdo al World Economic Outlook⁹ publicado por el Fondo Monetario Internacional en abril de 2017, las proyecciones para el PBI argentino en los próximos años son las siguientes:

⁹ Es un informe de perspectivas de la economía mundial que suele presentarse dos veces al año.

Tabla 2. Proyección PBI Argentina. Variación % anual

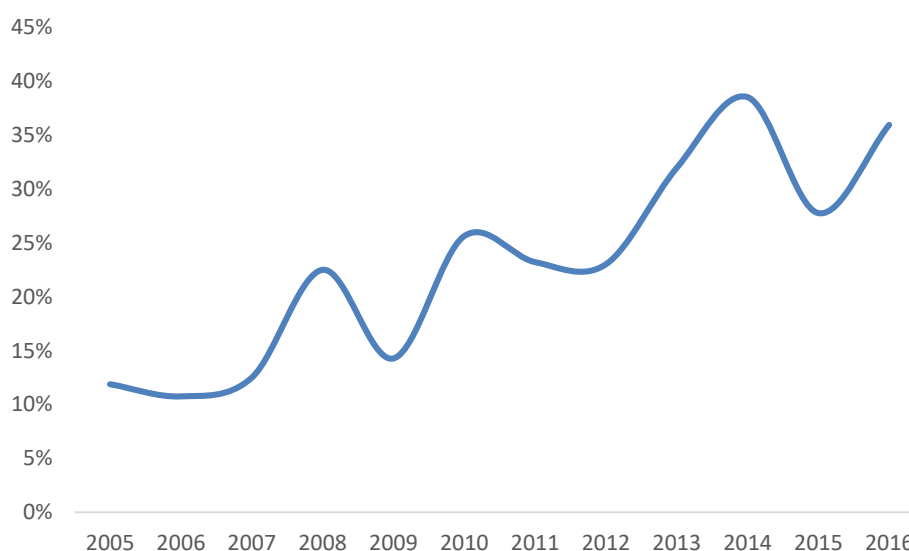
Años	Var. % PBI
2017	2,2%
2018	2,3%
2019	3,1%
2020	3,1%
2021	3,1%
2022	3,1%

Fuente. FMI

Estas estimaciones indicarían una recuperación para el año 2017 y un crecimiento positivo de alrededor del 3% anual para los siguientes 5 años¹⁰.

La variable macroeconómica relevante para el proyecto a evaluar tiene que ver con el crecimiento sostenido en el nivel general de precios o, de manera sencilla, la inflación. El Gráfico 6 muestra los altos niveles de inflación con los que convivió el país durante los últimos 11 años y que fue creciendo hasta alcanzar tasas cercanas al 40% en el 2017. Entre las principales razones se encuentra la política monetaria expansiva como fuente para financiar el déficit fiscal.

Gráfico 6. Variación porcentual IPC Argentina. 2005-2016



Fuente. Elaboración propia sobre la base de INDEC, IPC Santa Fe, IPC San Luis e IPC Congreso.

¹⁰ A partir del 2019, el FMI supone una tasa de crecimiento constante.

La Tabla 3 muestra la proyección de crecimiento porcentual anual del IPC según el FMI. De acuerdo a estas estimaciones, la inflación se desaceleraría en los próximos años llegando a ser de un solo dígito a partir del 2019.

Tabla 3. Proyección IPC Argentina. Variación % anual

Años	Var. % IPC
2017	25,6%
2018	18,7%
2019	9,1%
2020	9,1%
2021	9,1%
2022	9,1%

Fuente. FMI

Por otro lado, se define la estructura de los costos del proyecto a cargo de una empresa constructora de la provincia de Córdoba. Éstos se componen por:

- Mano de obra: incluye profesionales, maquinistas, oficiales, albañiles y ayudantes (38%).
- Equipos: incluye equipos con reparaciones y repuestos (12%).
- Materiales (40%).
- Gastos generales: incluye honorarios, permisos, gastos administrativos (10%).

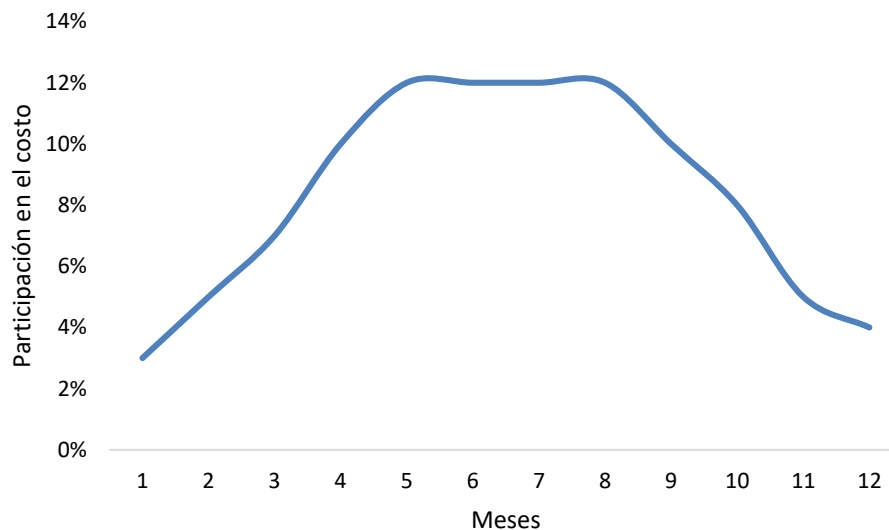
Luego, se establece la curva de costos (Tabla 4 y Gráfico 7) en la que se describen las actividades a realizar mensualmente, entre las que se incluyen las excavaciones, fundaciones, primera planta, albañilería y estructura de los pisos, entre otras.

Tabla 4. Curva de costos del proyecto

Mes	Avances parciales	Gastos estimados del mes
1	3%	\$596.313,59
2	5%	\$993.855,98
3	7%	\$1.391.398,37
4	10%	\$1.987.711,95
5	12%	\$2.385.254,34
6	12%	\$2.385.254,34
7	12%	\$2.385.254,34
8	12%	\$2.385.254,34
9	10%	\$1.987.711,95
10	8%	\$1.590.169,56
11	5%	\$993.855,98
12	4%	\$795.084,78
Total	100%	\$19.877.119,50

Fuente. Empresa constructora de la provincia de Córdoba

Gráfico 7. Curva de costos del proyecto



Fuente. Empresa constructora de la provincia de Córdoba

Luego, se suman los gastos de una inmobiliaria de la zona que se encargaría de la comercialización de las habitaciones de la residencia. Estos costos representan un 3% en comisión por cada venta.

También se agregan los costos impositivos en concepto de IVA y ganancias, detallados previamente.

Por otro lado, la tasa de descuento que se utiliza para descontar el flujo de fondos es la tasa del BOCAN 2022. Debido a que el proyecto dura aproximadamente 5 años, se decidió utilizar una tasa de un bono de duración similar, en pesos y libre de riesgo. Ésta es de 27,14%.

B.3 TRABAJO DE CAMPO

Una vez definidos todos los datos y parámetros que influyen en el proyecto, comienza la etapa de programación en un software adecuado. En este caso en particular, se optó por utilizar MATLAB, una herramienta que ofrece ciertas ventajas a la hora de generar simulaciones de variables.

A continuación, se procede a explicar cada paso de los códigos utilizados en MATLAB para la generación del Montecarlo:

```
clear;clc; %comando para limpiar el espacio de trabajo
REP=10000; %cantidad de réplicas de Montecarlo
meses = 65; %Cantidad máxima de meses que puede durar el proyecto
VAN=zeros(REP,1); %Creación de un vector para almacenar el VAN que sale de cada
réplica
denominadorparaipc = 5; %Se usa para controlar la amplitud de variación del IPC
IPC = xlsread('Datos tesis MBA.xlsx','Vectores','B2:B66'); %Llamada a base de datos de
Excel
COSTO = xlsread('Datos tesis MBA.xlsx','Vectores','C2:C66'); %Llamada a base de datos
de Excel
PRECIODEVENTA = xlsread('Datos tesis MBA.xlsx','Vectores','D2:D66'); %Llamada a
base de datos de Excel
esquemadeventa = xlsread('Datos tesis MBA.xlsx','Vectores','H2:K14'); %Llamada a
base de datos de Excel
IPCACUMULADO = zeros(meses,1); %Creación de un vector para almacenar el IPC
acumulado de cada mes de cada réplica
td = xlsread('Datos tesis MBA.xlsx','Vectores','O2'); %Llamada a base de datos de Excel
TD = xlsread('Datos tesis MBA.xlsx','Vectores','F2:F79'); %Llamada a base de datos de
Excel
```

```
cantidaddehabitaciones = xlsread('Datos tesis MBA.xlsx','Vectores','P2'); %Llamada a base de datos de Excel
ALEATORIO=zeros(meses,1); %Creación de un vector para almacenar la tirada de números aleatorios correspondientes a cada mes
sevendiotodo=zeros(REP,1); %Chequea si cada una de las réplicas terminó por falta de datos o porque se vendieron todas las habitaciones
```

Los comandos anteriores le dan una serie de indicaciones al software, entre las que se mencionan:

- La cantidad de simulaciones que deben generarse. En este caso, se optó por 10.000 repeticiones.
- La cantidad máxima de meses que puede durar el proyecto. Se parte de agosto de 2017 y llega hasta diciembre de 2022, mes hasta el cual se disponen de proyecciones confiables, lo que da un total de 65 meses.
- Se define el vector del VAN, que debe tener la cantidad valores como réplicas tiene el Montecarlo.
- Se define el “BALANCE” como la ganancia en cada mes, es decir, la diferencia entre los ingresos y gastos.
- Se define la amplitud de variación del IPC en cada mes. A partir de las proyecciones anuales del IPC obtenidas del FMI, puede realizarse una estimación de la inflación mensual suponiendo una tasa de crecimiento constante. Luego, el Montecarlo indica el grado de acierto de esa estimación con el que se obtuvo en la simulación y se lo multiplica por el valor correspondiente a ese mes. De esta forma, el IPC tendrá una distribución entre dos valores que se aproxima a lo que es una distribución normal.
- Se le indica a MATLAB que tome los datos correspondientes al IPC, costos, precio de venta, esquema de ventas, tasa de descuento y cantidad de habitaciones de la base de datos.
- Además, se le debe indicar al software que vaya almacenando todos los vectores de resultados.

```

%Empieza el loop de Montecarlo
for a=1:REP;

    %Reseteo las variables que no pueden tener memoria
    cantidaddehabitacionesvendidas = 0;
    habitacionesrestantes = cantidaddehabitaciones;
    INGRESOS = zeros(meses+13,1);
    GASTOS = zeros(meses+13,1); %Creación de un vector para almacenar gastos de
cada mes de cada réplica
    BALANCE = zeros(meses+13,1); %Creación de un vector para almacenar ingresos -
gastos de cada mes de cada réplica
    %empieza el loop de cada simulación, que va mes por mes
    for b = 1:meses

        %Se resetea el valor de los ingresos nuevos para que pierda la
        %memoria de lo ocurrido en el mes anterior.
        ingresosnuevos = zeros(meses+13,1);

        %Dummy para marcar la diferencia entre preventa y venta una vez
        %terminada la obra
        esprimerosmeses = 1;
        if b > 13
            esprimerosmeses = 0;
        end
        noesprimerosmeses = abs(1-esprimerosmeses)
    end
end

```

Luego, comienza el “loop” de Montecarlo. Este término es utilizado en programación para definir una sentencia que se ejecuta una cantidad repetida de veces hasta que se cumple una condición que impide que este loop se siga ejecutando.

Es necesario indicarle al programa que ciertas variables deben resetearse, como por ejemplo, la cantidad de habitaciones vendidas. Estas variables “no pueden tener memoria” ya que la cantidad de habitaciones que se venden durante un mes no influyen sobre la cantidad de habitaciones que se vendan durante el mes siguiente.

Además, se crea una variable dummy, es decir una variable ficticia dicotómica que asume el valor 1 si el dormitorio se vende antes de que el edificio se encuentre finalizado, es decir, con la modalidad de preventa (antes de los primeros 13 meses), y 0 en caso contrario.

```
%tirada de número aleatorio para la simulación de la variabilidad
%entre el IPC estimado y el IPC real
ALEATORIO(b)=1+randn/denominadorparaipc;
ipc = IPC(b)*ALEATORIO(b);

%Armado del vector de IPC acumulado que tiene memoria de todas las
%tiradas aleatorias de la Réplica
if b == 1
IPCACUMULADO(b) = (1+ipc);
else
IPCACUMULADO(b) = IPCACUMULADO(b-1)*(1+ipc);
end

%Construcción del precio de venta
if PRECIODEVENTA(b,1) == 0
    PRECIODEVENTA(b) = PRECIODEVENTA (b-1) * (1+ipc);
end
```

Como se había mencionado, la tasa de variación del IPC para cada mes debería moverse en un rango que surge de multiplicar la tasa de variación estimada para dicho mes y un coeficiente que indica el grado de acierto de esa predicción a partir de la tirada aleatoria del Montecarlo.

Luego se define el vector del IPC acumulado donde el IPC de cada mes surge de multiplicar el IPC del mes anterior por la tasa de variación estimada para el mes. Esto es importante porque por este vector se van a ir actualizando los costos de cada mes, los ingresos por cuotas, el precio de las habitaciones, etc.

```

precio = PRECIODEVENTA(b);

    habitacionesrestantes = cantidaddehabitaciones -
cantidaddehabitacionesvendidas;

    %Algoritmo de venta
    if b>13 && habitacionesrestantes >= 3
        unidadesvendidas = randi([0 3]);

    elseif b>13 && habitacionesrestantes < 3
        unidadesvendidas = randi([0 habitacionesrestantes]);

    elseif b<=13
        unidadesvendidas = randi([0 2]);
    end

```

Asimismo, se definen las habitaciones restantes como la diferencia entre el total de habitaciones disponibles y las habitaciones que ya han sido vendidas. Si la cantidad de habitaciones restantes llegara a ser 0, o lo que es lo mismo, ya se han vendido todas las habitaciones, se le indica a MATLAB que el loop debe finalizar.

Además, se le indica al programa que si nos encontramos luego de los primeros 13 meses (es decir, que el edificio ya fue construido) y que la cantidad de habitaciones por vender es mayor o igual a 3, la simulación nos debe traer un valor aleatorio entre 0 y 3, que corresponden a la distribución de venta de habitaciones según el esquema de venta. A su vez, si en el caso anterior la cantidad de habitaciones por vender fuera inferior a 3, el número aleatorio que debe traer la simulación debe variar entre 0 y la cantidad de habitaciones restantes. Finalmente, si nos encontramos dentro de los primeros 13 meses, es decir bajo la modalidad de preventa, la cantidad de habitaciones que pueden venderse por mes varía entre 0 y 2.


```

%algoritmo de asignación de cantidad de unidades vendidas
  completacontado = randi ([0 1]);
  cantidaddehabitacionesvendidas = cantidaddehabitacionesvendidas +
unidadesvendidas;
  if completacontado == 1 && unidadesvendidas > 0
    %cantidad de preventa contado
    cantidaddeventa1 = esprimerosmeses * (unidadesvendidas-1);
    %cantidad de preventa en cuotas
    cantidaddeventa2 = esprimerosmeses * 1;
    %cantidad de venta contado
    cantidaddeventa3 = noesprimerosmeses * (unidadesvendidas-1);
    %cantidad de venta en cuotas
    cantidaddeventa4 = noesprimerosmeses * 1;

    elseif completacontado == 0 && unidadesvendidas > 0

    cantidaddeventa1 = esprimerosmeses * 1;
    cantidaddeventa2 = esprimerosmeses * (unidadesvendidas-1);
    cantidaddeventa3 = noesprimerosmeses * 1;
    cantidaddeventa4 = noesprimerosmeses * (unidadesvendidas-1);

    else

    cantidaddeventa1 = 0;
    cantidaddeventa2 = 0;
    cantidaddeventa3 = 0;
    cantidaddeventa4 = 0;
  end

```

Seguidamente, se define la modalidad de ventas comprendida por las cuatro opciones que se describieron en la sección anterior. Éstas aparecen bajo la forma de “cantidaddeventa1”, “cantidaddeventa2”, “cantidaddeventa3” y “cantidaddeventa4” en el tablero de códigos haciendo referencia a los esquemas preventa al contado, preventa en cuotas, venta al contado y venta en cuotas, respectivamente.

Como se había mencionado previamente, las primeras dos modalidades podrían efectuarse en los primeros meses, cuando aún no hubiera finalizado la construcción de la residencia. Mientras que las últimas dos modalidades abarcan las opciones de venta de habitaciones una vez finalizado el edificio.

Luego se le indica al programa que cuando ya no queden habitaciones para vender bajo ninguna modalidad, debe finalizar el loop.

```

%Definición de los nuevos ingresos (actuales y en cuotas) generados
%por ventas de habitaciones en el mes actual

    ingresosnuevos(b:b+12) = precio * esquemadeventa(:,1)*cantidaddeventa1 +
precio * esquemadeventa(:,2)*cantidaddeventa2
        + precio * esquemadeventa(:,3)*cantidaddeventa3 + precio *
esquemadeventa(:,4)*cantidaddeventa4;

%Suma de los ingresos nuevos y los ingresos por ventas de
%habitaciones en meses anteriores
INGRESOS = INGRESOS + ingresosnuevos;

%Definición de costos del mes
GASTOS(b) = COSTO(b)*IPCACUMULADO(b) + INGRESOS(b)*0.03 ;

%Condición de finalización del proyecto, con salida de loop
if habitacionesrestantes == 0
    GASTOS(b+1:meses+13)=INGRESOS(b+1:meses+13)*0.03;
    break
end

end

sevendiotodo(a,1)=b;

```

A continuación, se definen los ingresos y los gastos que se generarán por mes. Los primeros se componen por las ventas de habitaciones de cada mes más las cuotas que ingresan por ventas de meses anteriores. Lógicamente, ello depende de la modalidad de

venta que surja en cada mes a partir de la tirada aleatoria. El último mes al que se puede vender una unidad es a 13 meses antes de la cantidad de meses máximo que puede durar el proyecto, ya que si dicha habitación se vende bajo la modalidad de “venta en cuotas”, los ingresos por la última cuota recién se percibirán en el último mes.

Los gastos de cada mes incluyen los costos definidos en la sección de costos siempre actualizados por el IPC acumulado del mes a los que se añade un 3% de comisión por cada habitación que se venda a cargo de una inmobiliaria que se encargará de la comercialización.

```

%Cómputo del BALANCE de cada réplica
BALANCE = INGRESOS - GASTOS;
%Cómputo del IVA de cada mes
for c = 1:meses+13
if BALANCE(c)>= 0
    BALANCE(c) = BALANCE(c)*(1-0.105);
end
%Cómputo del impuesto a las ganancias de cada año
gananciaanual=0;
for c = 1:7
if c<7
gananciaanual =sum(BALANCE(1+(c-1)*12:c*12));
if gananciaanual >= 0
BALANCE(c*12)=BALANCE(c*12)-gananciaanual*0.35;
end

if c==7
    gananciaanual =sum(BALANCE(1+(c-1)*12:c*12-6));
if gananciaanual >= 0
BALANCE(c*12-6)=BALANCE(c*12-6)-gananciaanual*0.35;
end

%Cómputo del VAN de cada réplica
VAN(a) = TD'*BALANCE;
end

```

Por último, se computa el BALANCE de cada réplica, que no es otra cosa que la ganancia.

El paso siguiente consiste en calcular los impuestos que se pagarían. Se había mencionado en la sección de costos que corresponde un 10,5% en concepto de IVA. Por otra parte, el impuesto a las ganancias sólo se tributa en caso de que la ganancia anual sea positiva, lo que debe aclararse en el programa. En esos casos, corresponde la tasa del 35%.

Una vez definidos los ingresos y los costos totales en el programa, se establece la fórmula del VAN que incluye la tasa de descuento y se almacena cada réplica.

I. Resultados del Método de Montecarlo

Una vez que se corre el modelo en MATLAB, el programa arroja 10 mil posibles valores para el VAN de acuerdo con los datos y las condiciones establecidas y explicadas en el punto anterior. La Tabla 5 presenta la tabla de frecuencias obtenida a partir de los resultados del método de Montecarlo.

Tabla 5. Resultados del método de Montecarlo

VAN	Frecuencia		
	<i>Absoluta</i>	Relativa	Relativa Ac.
-\$4.150.925	1	0,0%	0,0%
-\$3.710.005	0	0,0%	0,0%
-\$3.269.085	0	0,0%	0,0%
-\$2.828.165	10	0,1%	0,1%
-\$2.387.245	25	0,3%	0,4%
-\$1.946.325	60	0,6%	1,0%
-\$1.505.405	126	1,3%	2,2%
-\$1.064.485	243	2,4%	4,7%
-\$623.566	424	4,2%	8,9%
-\$182.646	702	7,0%	15,9%
\$258.274	994	9,9%	25,9%
\$699.194	1.360	13,6%	39,5%
\$1.140.114	1.363	13,6%	53,1%
\$1.581.034	1.421	14,2%	67,3%
\$2.021.954	1.263	12,6%	79,9%
\$2.462.874	904	9,0%	89,0%
\$2.903.793	571	5,7%	94,7%
\$3.344.713	311	3,1%	97,8%
\$3.785.633	165	1,7%	99,4%
\$4.226.553	44	0,4%	99,9%
\$4.667.473	12	0,1%	100,0%
y mayor...	1	0,0%	100,0%
Total	10.000	100%	

La primera columna muestra los intervalos que se forman a partir de las simulaciones del VAN, donde el valor mínimo que se obtuvo fue de -\$4.150.925 y el valor máximo, \$4.667.473. Cada uno de estos valores de la primera columna representa el límite inferior de cada intervalo, mientras que el límite superior viene dado por el número que se encuentra en la fila de abajo. Debe tenerse en cuenta que son intervalos semiabiertos de la forma [a;b) por lo que el límite inferior debe considerarse parte del intervalo y el límite superior, no.

La segunda columna indica la frecuencia absoluta de la simulación. Es decir, la cantidad de valores del VAN del que caen dentro de cada intervalo. A modo de ejemplo, en la tabla anterior se puede observar que se obtuvieron 994 posibles resultados del VAN que caen dentro del intervalo [-\$182.646; \$258.274).

Luego, la suma de las frecuencias absolutas debe ser igual a la cantidad total de simulaciones realizadas, en este caso, 10.000. En símbolos:

$$\sum_{i=1}^n f_i = N$$

Donde:

f_i representa la frecuencia absoluta para cada intervalo i .

N representa la cantidad total simulaciones o “tiradas” aleatorias.

La frecuencia relativa indica el peso que tiene cada intervalo en el total del experimento. Surge de dividir la frecuencia absoluta por el total de datos. Se deduce que la suma de las frecuencias relativas para todos los intervalos debe ser igual al 100%. En símbolos:

$$g_i = \frac{f_i}{N}$$
$$\sum_{i=1}^n g_i = 1$$

Donde:

g_i representa la frecuencia relativa para cada intervalo i .

f_i representa la frecuencia absoluta para cada intervalo i .

N representa la cantidad total simulaciones o “tiradas” aleatorias.

Para el ejemplo anterior, los 994 posibles resultados del VAN que caen dentro del intervalo [-\$182.646; \$258.274) representan aproximadamente el 10% del total de datos.

La última columna muestra la frecuencia relativa acumulada, que se calcula sumando las frecuencias relativas de los intervalos menores o iguales al que estemos considerando. En símbolos:

$$G_i = g_1 + g_2 + \dots + g_i$$

g_i representa la frecuencia relativa para cada intervalo i .

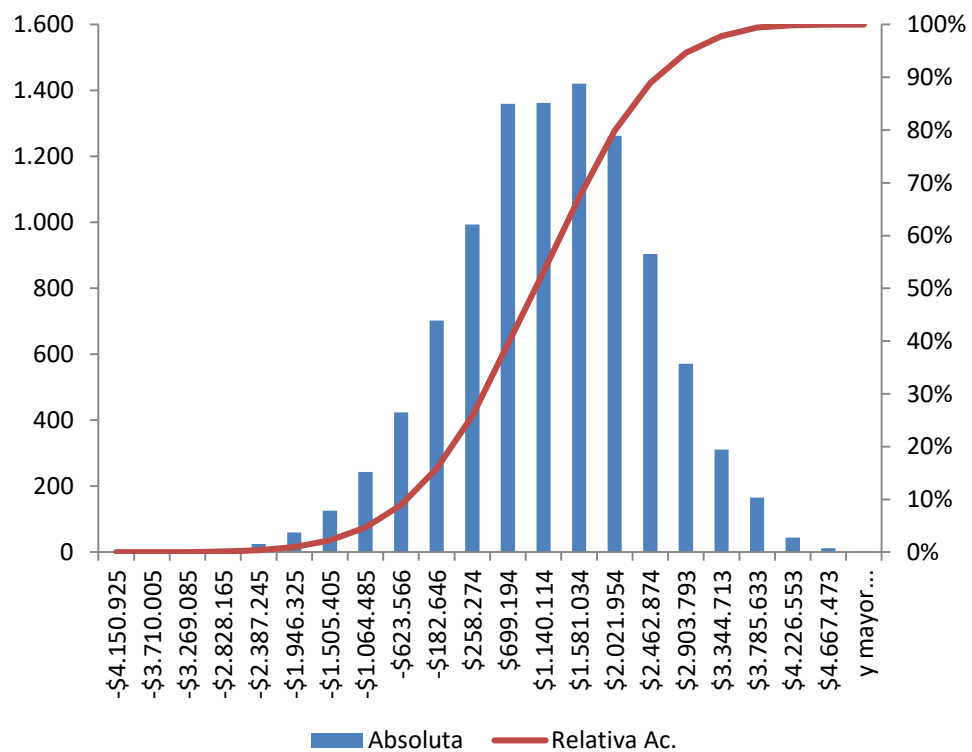
G_i representa la frecuencia relativa acumulada para el intervalo i .

Siguiendo con el ejemplo que se venía tomando, observamos que casi un 26% de los VAN obtenidos de la simulación de Montecarlo se encuentra por debajo de los \$258.274. Lógicamente, el último intervalo debe acumular el 100% de las observaciones.

Una primera conclusión que surge de la Tabla 5 es que el 54% de los valores obtenidos se encuentran entre los límites de \$258.274 y \$2.021.954, es decir, todos valores positivos para el VAN, lo que resulta un buen indicador del proyecto.

A partir de los resultados anteriores se construye el Gráfico 8, que presenta la distribución de probabilidades de los VAN obtenidos mediante el método de simulación de Montecarlo. Como puede observarse, la distribución tiene una forma parecida a la normal con una media cercana al millón de pesos.

Gráfico 8. Distribución de probabilidad de los VAN obtenidos.



Además, de los 10.000 valores simulados para el VAN, se obtuvo que 1.956 fueron negativos. Esto indicaría que existe más de un 80% de probabilidad de que el VAN sea mayor a cero y, por ende, decida aceptarse el proyecto. De acuerdo a la notación utilizada anteriormente se tiene lo siguiente:

$$P(VAN > 0) > 80\%$$

Esto significa que si se utiliza como criterio de decisión que el proyecto debe aceptarse si existe una probabilidad superior al 80% (lo cual parece bastante razonable) de que el VAN sea mayor a cero, entonces **este proyecto debe aceptarse**.

C. CIERRE DEL PROYECTO

C.1 CONCLUSIONES FINALES

Este trabajo está planteado desde un principio como una forma de acercar a profesionales de este ámbito académico, una herramienta sumamente útil pero quizás no muy reconocida.

Como se menciona a lo largo de este estudio, a partir de una gran cantidad de repeticiones de las variables que influyen en un proyecto, el Método de Simulación de Montecarlo genera resultados confiables aun en situaciones en las que predomina la incertidumbre y el riesgo. Y mientras mayor sea el número de simulaciones, mayor robustez tendrán los resultados que se obtengan.

Fue esta ventaja la que motivó el empleo de este instrumento para este trabajo, puesto que en Argentina predomina la incertidumbre a la hora de evaluar un proyecto de inversión.

La idea de la construcción de una residencia universitaria en la ciudad de Córdoba surgió debido a que se observó que existe un mercado potencial dentro de una ciudad caracterizada por la elevada cantidad de estudiantes que recibe anualmente. Entendiendo que la oferta en este mercado se constituye principalmente por departamentos de alquileres costosos, se supuso que la propuesta sería atractiva considerando los beneficios que puede presentar una residencia universitaria de este tipo.

Luego, se planteó la idea como un proyecto de inversión concibiendo que los verdaderos clientes serían inversores interesados en adquirir las habitaciones de la residencia para luego alquilarlas (o en su caso venderlas) a estudiantes universitarios provenientes del interior provincial y/o nacional. Este escenario es común en ciudades europeas que, al igual que Córdoba, están acostumbradas a recibir alumnos de distintas partes.

Una vez definido, el trabajo continuó con la búsqueda de datos. Para ello se consultó a empresas especializadas y profesionales del rubro, y a bases de datos oficiales disponibles en diversos sitios web. Ya con la mayoría de los datos a disposición, comenzó a trazarse el trabajo de campo.

Si bien en un principio se propuso la hipótesis de que la venta de habitaciones estaría directamente correlacionada a algunas variables macroeconómicas, como la inflación y el crecimiento económico, esta premisa fue rápidamente descartada con los resultados de una regresión. No obstante, se utilizaron proyecciones del Índice de Precios al Consumidor para actualizar ingresos y costos del proyecto en el modelo.

Finalmente, se efectuó la programación del Montecarlo en MATLAB, un software que ofrece ventajas en lo que se refiere a simulación de variables aleatorias. Los resultados de las 10.000 repeticiones o “tiradas” permitieron obtener las siguientes conclusiones:

- Una vez que se aprende a utilizar el programa, el método resulta ser muy flexible y simple de implementar.
- Las salidas pueden ser expresadas en forma gráfica o de tabla, lo que facilita su interpretación.
- El método permite obtener una distribución de probabilidades de los resultados, en este caso, del VAN.
- Estos valores indicaron la conveniencia de aceptar el proyecto de inversión ya que la probabilidad de obtener un VAN positivo fue mayor al 80%.
- Los resultados que genera el método son confiables aun en condiciones de incertidumbre considerando que la distribución de probabilidad de las variables que influyen en el flujo de fondos se acerca a la realidad y las réplicas se realizan un número elevado de veces.

C.2 BIBLIOGRAFÍA

Anuario Estadístico (2015). [base de datos]. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Disponible en: <https://www.unc.edu.ar/sites/default/files/Anuario%20UNC%202015.pdf>

Bazzani C., Carmen Lucía & Cruz Trejos, Eduardo A. (2008). Análisis de riesgo en proyectos de inversión. Un caso de estudio. *Scientia et Technica*, 14, (38), 309-314.

Índices de Ventas de Inmuebles en Córdoba (2017). [base de datos]. Cámara Empresarial de Desarrollistas Urbanos de Córdoba (CEDUC), Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.ceduccba.com.ar/web/wp-content/uploads/2017/05/CEDUC-Indice-de-Ventas-de-Inmuebles-2017-04-Informe-de-Difusion.pdf>

Caminos, Andrés; López, Ana María; Forchino, María Verónica; González, Magalí Estefanía & Romera, Nahuel (2015). Utilización de la técnica de simulación Montecarlo para la toma de decisiones empresariales. *VIII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial*. Congreso llevado a cabo en Córdoba, Argentina.

Clark, Virginia; Reed Margaret & Stephan, Jens (2010). Using Monte Carlo Simulation for a Capital Budgeting Project. *Management Accounting Quarterly*, 12, (1), 20-31.

Eckhardt, Roger (1987). Stan Ulam, John Von Neumann, and the Monte Carlo Method. Los Alamos Science Special Issue.

Recuperado de http://www-star.st-and.ac.uk/~kw25/teaching/mcrt/MC_history_3.pdf

Lowestein, Carolina (2012). *Apertura de una Residencia Estudiantil para estudiantes extranjeros*. Tesina para Maestría en Finanzas. Universidad del CEMA. Buenos Aires, Argentina.

Maric, Branislav & Grozdic, Vanja (2016). Monte Carlo Simulation in Valuation of Investment Projects. *27th DAAAM International Symposium*. Simposio llevado a cabo en la ciudad de Viena, Austria.

Milanović, Dragan Lj.; Milanović, Dragan D. & Misita, Mirjana (2010). The Evaluation of Risky Investment Projects. *Faculty of Mechanical Engineering*, 38, 103-106.

Infraestructura Básica para residencias estudiantiles universitarias. (s.f.). Ministerio de Educación de la Nación, Argentina.

Disponible en:

http://informacionpresupuestaria.siu.edu.ar/DocumentosSPU/comedores/Proyecto_de_Infraestructura_Residencias_Universitarias_final.pdf

Montesano, L., Pollo Cattaneo, F. & Garcia-Martinez, R. (2013). Ciber-adicciones: Estudio del Comportamiento Poblacional por Simulación. *XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. Congreso llevado a cabo en Mar de Plata, Argentina.

Périsse, Marcelo Claudio & Pepe, María Laura (2006). Una Aplicación del Método de Monte Carlo en el Análisis de Riesgo de Proyectos: Su automatización a través de una planilla de cálculo. *Técnica Administrativa*, 5, (4), 1666-1680.

Platon, Victor & Constantinescu, Andreea (2017). Monte Carlo Method in risk analysis for investment projects. *Procedia Economics and Finance*, 15, 393–400.

Toro, Sandra Milena; Ledezma, Jhon Edwin & Escobar, John Willmer- (2015). Modelo de evaluación de proyectos de inversión en condiciones de riesgo para apertura de programas de pregrado en instituciones de educación superior de Colombia: caso de estudio. *Ingeniería Industrial*, (33), 99-132.

World Economic Outlook (2017). [base de datos]. International Monetary Found, Washington D.C., Estados Unidos.

Disponible en: <http://www.imf.org/en/publications/weo>