



TESIS DE GRADO EN INGENIERIA INDUSTRIAL

**ANÁLISIS DE DINÁMICA URBANA EN LA CIUDAD DE  
BUENOS AIRES: EL CASO DE LA POLÍTICA DE  
URBANIZACION DE LOS ASENTAMIENTOS.**

Autor: Nicolás Alfino – 45270

Director de Tesis: Ing. Pablo Bereciartúa

**2010**



## RESUMEN EJECUTIVO

La Ciudad de Buenos Aires muestra muchas de las tendencias propias de las mega-ciudades y presenta significativos desafíos para alcanzar estándares deseables de calidad de vida. Estos desafíos requieren de una adecuada evaluación y diseño de políticas públicas para su implementación, particularmente debido al hecho de que se trata de procesos sociales complejos, donde hacen falta la acción de múltiples actores, significativos niveles de inversión que usualmente superan ampliamente a las capacidades de inversión del sector público, y cuyos resultados sólo son posibles si se sostienen como políticas estratégicas a lo largo del tiempo.

Un análisis de la realidad de la Ciudad de Buenos Aires pone de manifiesto que durante las décadas se han materializado el progreso relativo de algunas zonas de la ciudad, y al mismo tiempo un importante deterioro de otras. Paralelamente se han dado procesos migratorios tales como el éxodo de familias hacia los suburbios, acompañado de un crecimiento muy intensivo de asentamientos precarios en áreas centrales de la ciudad.

En este trabajo se desarrolla y aplica un modelo de Dinámica Urbana y se lo adapta al contexto de la Ciudad de Buenos Aires para utilizarlo como modelo que permita analizar e interpretar, cuáles pueden ser los resultados de aplicar políticas públicas orientadas a la urbanización de algunos de los asentamientos precarios o villas. Las conclusiones conceptuales ayudan a entender la complejidad de los procesos, y también informan sobre las condiciones deseables que deben cumplir las políticas para facilitar el desarrollo futuro y sustentable de la Ciudad.



## **ABSTRACT**

The City of Buenos Aires shows many of the tendencies inherent of the mega-cities of the World, and it presents significant challenges in order to reach desirable standards when it comes to quality of life. These challenges require the adequate evaluation and design of public policies, particularly due to the fact that these are complex social systems that demand the interaction of many actors, high levels of investment that usually exceed the investment capabilities of the public sector. The necessary results are only possible if these policies are sustained as strategic policies through time.

The analysis of the reality of this city shows that there has been a relative progress in some areas of the city throughout the decades, while other areas have noticeably deteriorated in the same period. In addition, there have been migrant processes such as the exodus of families to the suburbs, accompanied by an intensive growth of squatter settlements in central areas of the city.

This work develops and applies a model derived from “Urban Dynamics”. It is adapted to the context of the City of Buenos Aires, to be used as a simulation tool that allows interpretation and analysis of the results of applying public policies oriented to the urbanization of some of these squatter settlements. The conclusions help understand the complexity of these processes, and also allow the recognition of the desirable conditions that the policies must satisfy in order to enable a sustainable development of the city in the future.



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, a mi novia y a mis amigos que me apoyaron a lo largo del proyecto.

A mi tutor Pablo, que me ayudo incondicionalmente, y a Nicolás por sus aportes a este trabajo.



**INDICE DE CONTENIDOS**

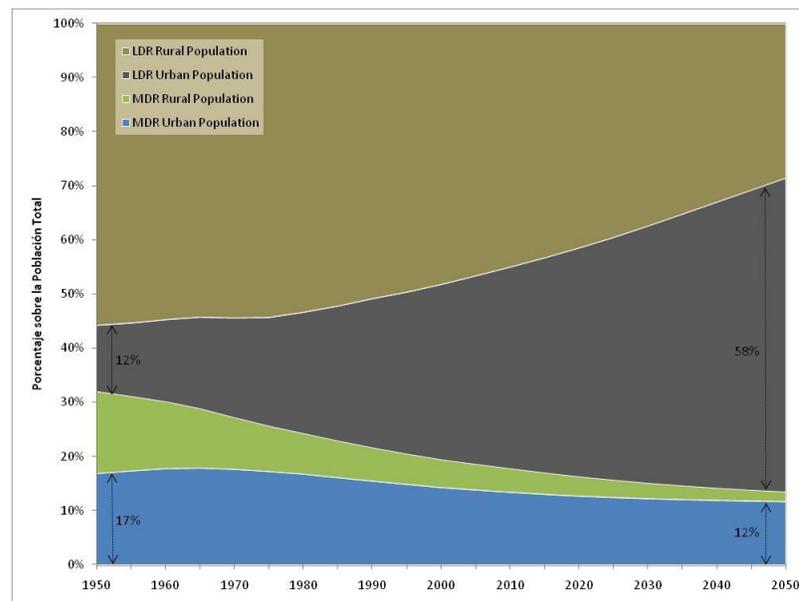
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
A. El Proceso de Urbanización	1
B. Los Problemas de las Grandes Ciudades	2
C. La Problemática en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires	4
D. La Dinámica Urbana de Forrester	6
<b>II. EL CASO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES</b>	<b>9</b>
A. Los Desequilibrios en el Uso del Suelo	9
B. Soluciones Aisladas	12
C. La Necesidad de Soluciones Combinadas	14
<b>III. LA DINAMICA URBANA Y UNA SOLUCION POTENCIAL</b>	<b>17</b>
A. La Hipótesis	17
B. Las Variables	17
C. Relaciones y Loops del Sistema	19
C.1. Loop de Oferta	19
C.2. Loop de Pricing	20
C.3. Loop de Demanda	20
C.4. Loop de Riesgo	21
D. Variables de Estado y Flujo	22
E. Formulación del Modelo	25
E.1. Sector de Oferta	26
E.2. Sector de Demanda	33
E.3. Sector de Riesgo	42
F. Resultados	49
F.1. Resultados Iniciales	50
F.2. Evitar el Fracaso	52

F.3. La Inversión	57
F.4. Alcanzar el Éxito	59
F.5. La interacción de los Lazos	66
F. Validez del Modelo	67
F. Conclusiones	69
<b>IV. CONCLUSIONES FINALES Y REFLEXIONES</b>	<b>71</b>
A. Conclusiones Generales	71
B. Implementabilidad	73
C. Hacia Adelante	75
<b>ANEXO I</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO II</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>85</b>

## I. INTRODUCCION

### A. El proceso de Urbanización

El siglo XXI presenta un nuevo desafío para la sustentabilidad de la población mundial. Durante el siglo pasado, la población urbana se disparó en todo el mundo. Desde 220 mill. a principios de siglo, hasta 2.800 mill. hacia principios de éste siglo. En 1950, 3 de cada 10 habitantes se encontraban en zonas urbanas. Para fines de 2010 se prevé que 5 de cada 10 habitantes vivirá en una ciudad. Las Naciones Unidas proyectan que la población urbana mundial alcanzará el 70% para el 2050. [UN Population Division, 2010]. Esto presenta un claro desafío para los próximos 40 años en términos de planeamiento urbano y políticas públicas en todas las ciudades del mundo.



**Fig 1.** Poblaciones Urbanas y Rurales por Desarrollo de Región. MDR (More Developed Regions) y LDR (Less Developed Regions). Fuente: Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects.

Las regiones menos desarrolladas del mundo son las que más sufrirán este cambio. Como se observa en la figura 1, en 1950 el 12% de la población mundial vivía en zonas urbanas del tercer mundo. Cien años más tarde, se estima que ese número llegará al 58%. Esto significará una enorme presión sobre los países y ciudades del mundo menos pudientes. Deberán enfrentar todos los problemas que las grandes ciudades del mundo enfrentaron en la segunda mitad del siglo XX, pero en una escala mucho mayor: 5.300 mill. de personas vivirán en ciudades del tercer mundo en 2050, en contraste con las 830 mill. que poblaron las ciudades del primer mundo durante el año 2000. Para empeorar el escenario,

deberán afrontar estos problemas con muchos menos recursos que los países más ricos: el tercer mundo solo posee el 20% del GDP mundial [UN Statistics Division, 2009]).

Según las estimaciones de las Naciones Unidas, este flujo poblacional hacia las ciudades, tendrá como importante efecto secundario el aumento de las *mega-ciudades*. En 1950, 36 de cada 100 personas viviendo en zonas urbanas, lo hacían en ciudades con más de 500 mil habitantes. Las proyecciones para 2050 indican que el 48% de los habitantes urbanos vivirán en ciudades de más de 500 mil habitantes, 12% más que en 1950. Las grandes ciudades ya no serán la excepción en los países. Se calcula que para 2050, 75 ciudades del mundo tendrán más de 5 millones de habitantes, hoy existen solo 27. Lo más importante de este dato, es que el 75% de estas *mega-ciudades* estarán en países en vías de desarrollo [UN Population Division, 2010]. El desafío para los gobiernos del tercer mundo será enorme.

### B. Los Problemas de las Grandes Ciudades

Según un proyecto de investigación conducido por GlobeScan y MRC McLean Hazel, patrocinado por Siemens, donde se entrevistó a 522 líderes y expertos de 25 mega-ciudades alrededor del mundo, existen 4 temas centrales que preocupan a los responsables de ofrecer soluciones a la población [Hazel, Miller, 2007].

El primero es la *economía*, donde se destacó el desempleo (20%), el desarrollo económico (14%) y la infraestructura inadecuada (8%). Otra de las preocupaciones principales fue el *medio ambiente*, donde el principal desafío se identificó como la contaminación del aire (26%). La mayoría de los encuestados estuvo de acuerdo en que la principal causa de esta contaminación era la emisión de gases por parte de los transportes y vehículos. Encabezando la lista de los problemas *sociales* se encuentran las condiciones de vida de los pobres (14%), la brecha entre ricos y pobres (11%) y la pobreza (9%). En cuanto a la *infraestructura*, el reto fundamental parece ser el transporte (35%) seguido por la inadecuada infraestructura urbana (10%).

Este estudio resalta gran parte de los síntomas de las ciudades actuales, pero no las causas. Casi todos los problemas mencionados se derivan principalmente de dos hechos: la proporción de población de bajos recursos que habitan en las grandes urbes y el colapso infraestructural que causó la explosión demográfica. Esto lleva a identificar dos problemas principales en las ciudades actuales, y que se verán acrecentados en el futuro por el aumento exponencial en el urbanismo:

- La disponibilidad de viviendas
- La movilidad dentro y hacia la ciudad

La mayoría de las ciudades son incapaces de proveer, con la suficiente rapidez y calidad, la cantidad de lugares habitables para sus crecientes residentes. Esto es especialmente problemático en las clases más pobres de la sociedad. La falta de disponibilidad de viviendas lleva a la proliferación de asentamientos informales dentro de los límites de la ciudad y en su periferia, trayendo con ellas una categoría adicional de problemas a la ciudad: delincuencia, crimen organizado, tensiones raciales, contaminación.

La gran cantidad de flujo poblacional también causa el colapso de los sistemas de transporte. Las calles, autopistas y estacionamientos se ven sobrepasados en su capacidad. Los sistemas de transporte público no logran desarrollarse con la rapidez necesaria para proveer movilidad a los habitantes. Ambos sistemas requieren de inversiones y tierra de las cuales las ciudades no disponen.

Si bien la población aumenta, los costos para la ciudad también han subido debido al aumento en las poblaciones de menores recursos y a las mayores necesidades de inversión en vivienda, transporte y servicios básicos. Las condiciones de hacinamiento y el aumento en los impuestos impulsan a los grandes contribuyentes (sectores de altos recursos y empresas) a moverse fuera de la ciudad, debilitando la base impositiva, y reduciendo en consecuencia el presupuesto del que dispone el gobierno. Los edificios abandonados son vandalizados, muchas zonas de la ciudad pierden valor y caen en lo que se denomina *urban decay* o *decaimiento urbano*: sectores de la ciudad se tornan indeseables para su habitabilidad trayendo consigo problemas económicos, sociales y ambientales para las áreas adyacentes.

La explosión urbana también trae consigo problemas ambientales y de polución, principalmente por el aumento en el volumen vehicular y la proliferación de los asentamientos precarios.

Muchas ciudades sufren de lo que se conoce como *Urban Sprawl* o *dispersión urbana*. Cuando no existe un plan a largo de plazo de crecimiento en la ciudad, ya sea por negligencia del gobierno, o por que el crecimiento urbano se dio más rápido de lo que cualquier plan hubiera previsto; se produce un crecimiento “natural” de la ciudad hacia los suburbios. Se desarrollan centros de menor densidad, auto-suficientes y en su mayoría dependientes de los transportes en automóvil.



Fig 2. *Urban Sprawl en Boston*. Fuente: Wikimedia Commons.

Este fenómeno es en gran parte responsable de los problemas de movilidad de la ciudad ya que no son concebidos a través de un plan de gobierno, sino que su naturaleza de crecimiento está regida únicamente por la disponibilidad de terrenos y vías de acceso.

### *C. La problemática en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*

La Ciudad de Buenos Aires combina los dos mayores desafíos que se han observado hasta ahora. Es una mega-ciudad cuya demografía y problemas se asemejan a las grandes urbes del primer mundo. Pero posee también todos los desafíos con los que se topan las ciudades de regiones sub-desarrolladas.

Según una encuesta de la Fundación Diagonal Sur, los principales problemas de la Ciudad de Buenos Aires son: inseguridad (43%), Tránsito y Transporte (14%), Suciedad (12%), Calles, Baches y Veredas (12%), Situación Económica y Social (8%), Inundaciones (4%), Falta de Gestión (4%) y Otros (3%) [Fundación Diagonal Sur, 2008]. Los resultados de esta encuesta apoyan la hipótesis de que los principales problemas de las ciudades están causados por la explosión demográfica. Por un lado, la Ciudad de Buenos Aires tiene un claro déficit de viviendas en los sectores menos pudientes. Por otra parte, las inversiones en infraestructura no son suficientes para solucionar los crecientes problemas de movilidad dentro y hacia la ciudad.

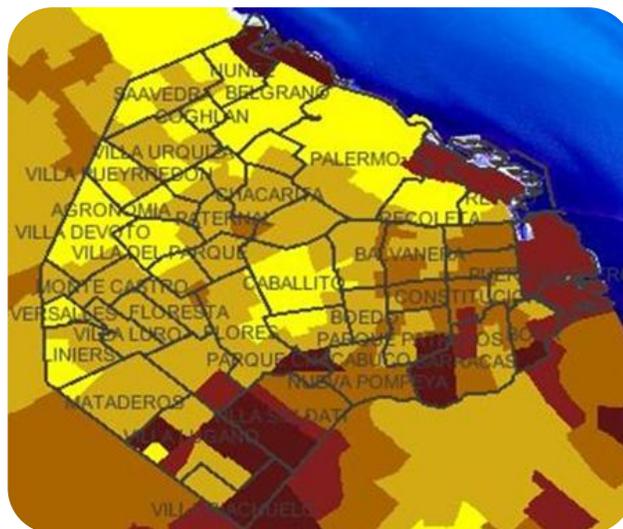
Aquello que los encuestados denominan “falta de gestión” puede entenderse como las dificultades que los gobiernos actuales tienen para encontrar soluciones de fondo a los

problemas. Esto se debe en gran parte porque se siguen buscando soluciones sintomáticas sin atacar las raíces de los problemas.

Los principales problemas habitacionales de la Ciudad se encuentran en la proliferación de asentamientos informales o “villas miseria”, mientras que los principales problemas de movilidad están en el denominado “micro-centro”, en las arterias principales y en los accesos a la capital donde la infraestructura vial y de transporte público actual no da abasto.

Gran parte de los problemas de Buenos Aires se derivan de la explosión demográfica sufrida entre 1855 y 1955. La población paso de 92 mil habitantes a 3 millones en 100 años [DGEC, 2001]. Sin un plan urbanístico sustentable a largo plazo, la explosión demográfica hizo crecer a la ciudad periféricamente hasta alcanzar el cordón que hoy la delimita. Durante los siguientes 60 años, los suburbios crecieron al ritmo del *Urban Sprawl*, generando en muchos casos zonas de viviendas precarias. La Ciudad no ha modificado substancialmente su población en los últimos 50 años, pero la explosión del Área Metropolitana ha llevado a los servicios de transporte y movilidad al borde del colapso.

Dentro de la dinámica urbana de la ciudad, los desarrollos de las áreas sufrieron gran disparidad. Las Zonas Céntricas y Norte experimentaron un desarrollo mucho mayor que la Zona Sur, el área más relegada de la ciudad. En la Figura 3, puede observarse como la Zona Sur de la Ciudad junto con el barrio de Retiro (donde se encuentra la villa 31) tienen una densidad de personas por cuarto mucho mayor (indicador de nivel de precariedad).



**Fig 3.** Nivel Socio-Habitacional [Personas por Cuarto] en la Ciudad de Buenos Aires. Fuente: Atlas Ambiental de Buenos Aires.

Según datos del INDEC, en el censo de 2001, 6% de los hogares en la Ciudad de Buenos Aires eran de clase inferior. Allí viven aproximadamente 200 mil personas. La mayoría se encuentran debajo de la línea de pobreza, y representan quizás el mayor problema de la Ciudad de Buenos Aires.

#### *D. La Dinámica Urbana de Forrester*

Hasta ahora la atención se ha centrado en las problemáticas más inmediatas tales como dónde acomodar a los más carenciados y mejorar sus condiciones de vida, cómo generar empleo, cómo reducir la huella ecológica de las ciudades, cómo mejorar la gestión de los gobiernos y cómo administrar los sistemas urbanos cada vez más complejos. Todos estos enfoques son importantes, pero su magnitud no se compara con los problemas que traerá la inminente explosión en el crecimiento urbano del tercer mundo.

Hasta aquí, los encargados de generar las políticas públicas y las organizaciones sociales han actuado reactivamente a los problemas. Esto no será suficiente en el futuro. Es necesario adoptar una posición pro-activa si se desea resolver los problemas sociales y ambientales que traerá consigo la masiva urbanización de los países en vías de desarrollo. Será necesario el desarrollo de herramientas que asistan a los encargados de buscar soluciones preventivas, quienes deberán enfocarse en políticas públicas que promuevan el desarrollo sustentable de las ciudades del futuro.

Una de las herramientas con mayor potencial para permitir el estudio y diseño de estas muy necesarias nuevas políticas públicas, pareciera ser la Dinámica de Sistemas. Se trata de una metodología para el estudio de sistemas complejos ampliamente conocida, aceptada y utilizada tanto en ingeniería aplicada, como en el ámbito académico. Fue introducida en 1961 por el profesor del MIT Jay W. Forrester a través de su exitoso libro "Industrial Dynamics", y su desarrollo generó una rama completamente nueva de la ingeniería. En 1969, con la ayuda del Ex-Alcalde de Boston John F. Collins, Forrester introdujo un nuevo libro titulado "Urban Dynamics". Allí presenta el modelo de una ciudad típica que describe el crecimiento exponencial, decaimiento y posterior estancamiento de las ciudades modernas. Forrester pretendía crear una herramienta que asistiera a aquellos encargados de gestionar los gobiernos, en el diseño de políticas públicas efectivas. El principal argumento del autor es que los sistemas sociales presentan un grado de complejidad mayor que el que cualquier persona pudiera razonar por sí misma. Sin embargo, las decisiones que los políticos toman se basan en su conocimiento de los sistemas simples a los que fueron expuestos durante toda su vida, y con este

conocimiento pretenden estimar cual será el resultado de la aplicación de una política en un sistema tan complejo como el de una ciudad. El resultado son políticas públicas que resultan ser, en la mayoría de los casos, perjudiciales por tres características de los sistemas sociales que Forrester identifica como contra-intuitivas:

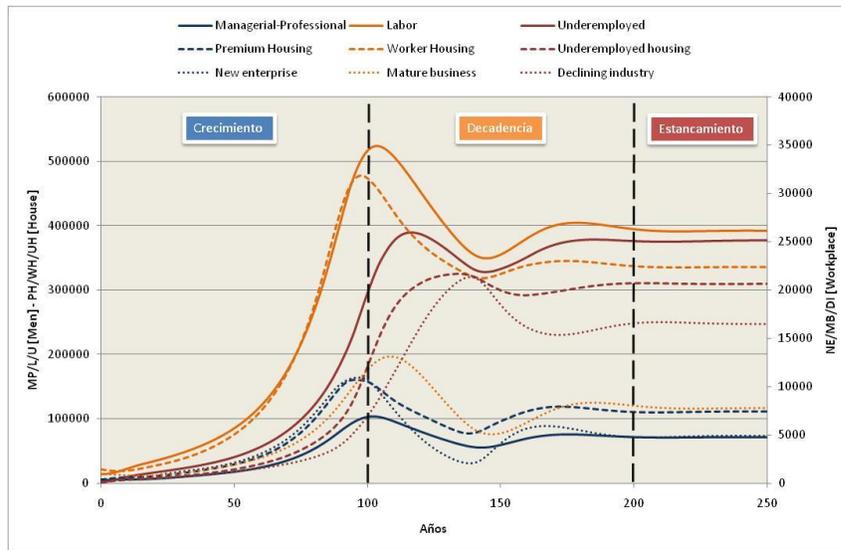
- Los sistemas sociales son engañosos. Si se busca una posible causa cercana en tiempo y espacio, se halla una posible explicación. Sin embargo, estas aparentes causas son en realidad síntomas del mismo problema.
- Los sistemas sociales poseen pocos puntos de influencia. Estos puntos suelen estar lejos de lo que la mayoría de las personas cree. Más aún, si llegara a encontrarse este punto, una persona guiada por su intuición probablemente alteraría el sistema en la dirección contraria.
- Los sistemas sociales suelen exhibir un conflicto entre las consecuencias de corto y largo plazo de una política. Una política que produce mejoras en el corto plazo, es usualmente una que empeora el estado del sistema en el largo plazo y viceversa.

La conclusión que se desprende de esto es que condicionados por nuestro entrenamiento en sistemas simples, optamos por la explicación que pareciera más lógica para un problema. Sin embargo en sistemas complejos esta explicación es casi siempre la menos probable, y esa es la falla intrínseca del paradigma actual. Según Forrester, ésta es la principal razón por la cual las políticas aplicadas actualmente fallan: no atacan la verdadera causa del problema, sino los síntomas de éste. El resultado final son políticas inefectivas o incluso perjudiciales [Forrester, 1969].

Han existido algunas aplicaciones de la Dinámica Urbana desde la primera publicación de "Urban Dynamics", la mayoría de ellas a cargo de un colega de Forrester: Louis Alfeld. Las experiencias variaron desde pequeños pueblos (Lowell 1971, Concord 1975, Marlborough 1976) hasta ciudades de mayor porte (Boston 1974, Palm Coast 1980). Los resultados fueron variados, pero en la mayoría de los casos la aplicación de la dinámica urbana permitió diagnosticar problemas y pronosticar posibles políticas que ofrecerían una solución [Alfeld, 1995]. En todos estos proyectos, el éxito final está en la instrumentación de las políticas que el modelo predice.

La principal contra de esta disciplina es que requiere tiempo y dinero para diseñar un modelo que se ajuste lo suficiente al comportamiento de la ciudad que se desee estudiar,

de forma tal que las conclusiones que se extraigan de la experimentación que se realice sean validas para su aplicación en el sistema real.



**Fig 4.** El Ciclo de Vida de la Ciudad. Crecimiento, Decadencia y Estancamiento en el Modelo de Forrester.

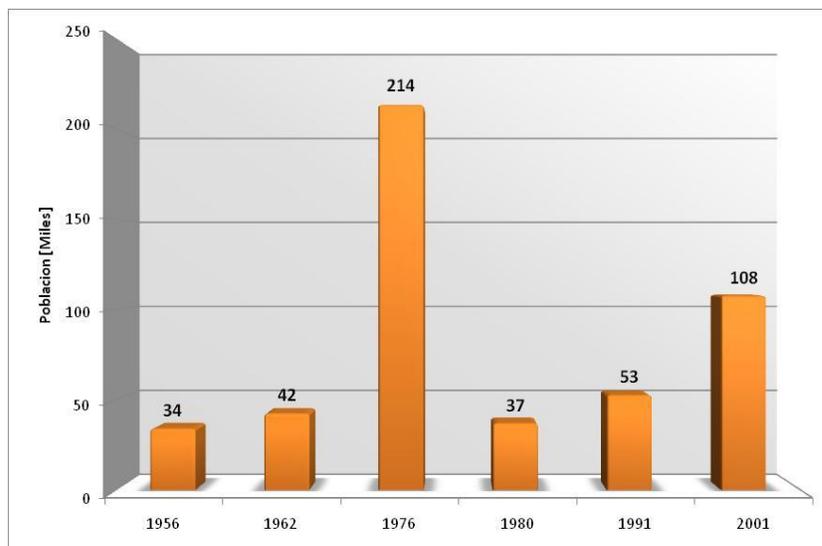
## II. EL CASO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Teniendo en cuenta los mayores problemas de las ciudades que se han presentado en el capítulo anterior: la vivienda y el transporte; gran parte de los esfuerzos se han concentrado en estudiar y mejorar la infraestructura, tecnología o soluciones en cuanto a la movilidad dentro de la ciudad. Pocos trabajos se centran en el otro principal problema de la ciudad actual y futura: la disponibilidad de vivienda.

Quizás la principal causa de la falta de disponibilidad de viviendas esté relacionada con los grandes desequilibrios en el uso del suelo de la ciudad. La siguiente sección se propone encontrar el origen de este problema y como encaminar los esfuerzos hacia a una posible solución.

### A. Los desequilibrios en el uso del suelo

Pueden identificarse dos corrientes en los problemas de uso del suelo de la ciudad. Primero los asentamientos informales o villas miseria, que son uno de los principales problemas sociales y económicos de la ciudad. Un segundo factor, aunque no menor, es la disparidad en el desarrollo y oportunidades entre los distintos Barrios de la Ciudad.



**Fig 5.** Población residente en villas de emergencia, asentamientos, y núcleos habitacionales transitorios (NHT). Fuente: Dirección General de Estadística y Censos (GCBA) sobre la base de datos censales.

La historia de las villas miseria comienza a principios del Siglo XX con una gran corriente migratoria Europea. Estos inmigrantes eran de las clases más bajas y por lo tanto se instalaron, en busca de mejor oportunidades, en casas precarias. Los primeros asentamientos tuvieron lugar en la Zona Sur, en Parque patricios. Cerca de los años 30, la corriente migratoria Europea fue paulatinamente reemplazada por la migración interna desde zonas rurales. La ciudad creció y se expandió a la periferia. Allí comenzaron los primeros asentamientos informales en los suburbios de la Ciudad. En 1940 nace la emblemática Villa 31, creada principalmente por inmigrantes italianos. La villa luego crecería con la llegada de inmigrantes bolivianos y del noroeste argentino, hasta tener 5 barrios distintos. Durante los años 50, en la presidencia de Perón, las villas miseria proliferaron junto con la construcción de viviendas para los trabajadores. Luego del golpe de estado en 1955, los sucesivos gobiernos militares emprendieron distintas campañas de erradicación. Pero sus intentos fueron fútiles. En 1956 existían 21 villas donde habitaban 34 mil personas. En 1962 ese número había aumentado a 33 asentamientos con 42 mil habitantes. En 1969, el Ministerio de Bienestar Social creó 17 Núcleos Habitacionales Transitorios o NHT (Edificios con unidades de 13 m<sup>2</sup>) para erradicar las villas de la Ciudad. Este proyecto no sólo fue un fracaso, sino que generó el efecto opuesto al deseado por el gobierno militar. En vez de dispersarse en barrios formales en busca de acceder a un status más cercano a la clase media-baja obrera, la población villera se organizó cada vez más. Los NHT son considerados hoy villas de emergencia [García, 2007].

Hoy la Ciudad de Buenos Aires posee 21 villas miseria. La mayoría de ellas ubicados en la zona sur, principalmente en los barrios de Villa Lugano, Villa Soldati y Villa Riachuelo. En la zona de Retiro se ubica una de las principales villas de la Ciudad: la Villa 31. Según el censo realizado por el Gobierno de la Ciudad en 2009, en un área de 0.32 km<sup>2</sup> viven 26400 personas en 7950 hogares. El 50% de su población es extranjera, lo que identifica el principal origen de este asentamiento. Solo el 30% de los jóvenes en edad escolar están dentro del sistema educativo, atentando contra su futuro y la inserción en el mercado laboral. El índice de desempleo alcanza el 49%, llevando a muchas personas a la necesidad de mendigar o incluso delinquir. El 34% de los hogares son beneficiarios de programas sociales, fomentando el sedentarismo y alejamiento de las personas del mercado laboral. El 44% de las construcciones precarias fueron construidas con al menos un piso de altura, representando un gran riesgo para los habitantes de la villa. [DGEC, 2009]. En el Anexo II, puede consultarse el mapa que muestra la ubicación de ambas villas.



**Fig 6.** Ubicación de las principales Villas en la Ciudad de Buenos Aires



**Fig 7.** Viviendas Tipo Rancho en la Ciudad de Buenos Aires. Fuente: Atlas Ambiental de Buenos Aires

Estos números no son exclusivos de la villa 31 y 31 bis, sino que son una muestra representativa de todos los asentamientos que se encuentran en la Ciudad de Buenos Aires y en el Área Metropolitana. Es clara la necesidad de buscar una solución a los asentamientos precarios.

La disparidad entre los distintos barrios tiene un origen diferente al de las villas miseria. La Ciudad de Buenos Aires creció como la mayoría de las ciudades antiguas a partir de su puerto, y se desarrollo hacia la periferia. Tal como puede observarse en la figura 8, la mayor densidad de edificios de departamento se da desde el puerto hacia las afueras de la ciudad. Puede observarse un cordón externo donde aún la densidad edilicia es baja. Esto es principalmente cierto, nuevamente, en la zona sur de la ciudad. Especialmente en aquellos barrios donde proliferan los asentamientos de menores recursos. Sin embargo, existen zonas donde aún no han proliferado este tipo de asentamientos pero que se encuentran sub-desarrolladas respecto del resto de los barrios de la ciudad: Nueva Pompeya, Parque Patricios, Monte Castro, Versalles, Mataderos, Parque Avellaneda, Agronomía. Estos Barrios parecen olvidados en favor de otros cuyo crecimiento y expansión se ha fomentado durante los últimos años: Puerto Madero, Palermo, Belgrano,

Nuñez, Villa Urquiza. Esto parece atender contra el equilibrio natural de la Ciudad. Existen zonas en pleno auge (*urban Sprawl*), contrastando con aquellas zonas olvidadas de la Ciudad (*urban decay*). No es difícil comprender en este contexto, porque el m<sup>2</sup> de un departamento nuevo en Agronomía ronda los 1150 USD/m<sup>2</sup>, mientras que en Puerto Madero un departamento a estrenar puede costar 4000 USD/m<sup>2</sup>.



**Fig 8.** Viviendas Tipo Departamento en la Ciudad de Buenos Aires. Fuente: Atlas Ambiental de Buenos Aires

### B. Soluciones aisladas

Han existido a lo largo de los años un sin número de propuestas cuyo objetivo fue poner fin a la disparidad habitacional de los sectores de menos recursos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Algunos de estos esfuerzos destacan por sobre el resto, ya sea por el éxito, o el fracaso de la solución propuesta:

- **Erradicación/Re-localización:** Luego del fracaso de los gobiernos militares de trasladar los habitantes de las villas a edificios de departamentos (NHT), es evidente que la erradicación no es la solución al problema. Estos edificios de condiciones precarias, terminan convirtiéndose simplemente en villas algo más vistosas, pero el problema social de fondo sigue existiendo. Algunos habitantes de estos edificios incluso viven en peores condiciones de lo que lo hacían en sus antiguas viviendas.

- Plan Federal de Viviendas: en Julio de 2004 el entonces Presidente de la Nación, Nestor Kirchner, lanzó el denominado “Plan Federal de Viviendas” que prometía construir 120.000 unidades en todo el país y generar 360.000 puestos de trabajo. El plan resultó un fracaso. Alcanzó menos del 50% de las viviendas previstas y muchas de las viviendas no alcanzaron a los sectores más necesitados de la población [Ibañez, 2008].
- Financiación para inquilinos: mientras la población en villas y asentamientos se ve en aumento, 140.000 viviendas permanecen deshabitadas en la Ciudad de Buenos Aires porque resulta difícil para los dueños establecer un contrato de alquiler a largo plazo en un país donde la inflación anual es superior al 20%. En Septiembre de 2006, el Gobierno Nacional lanzó un plan de préstamos hipotecarios al cual adhirieron 13 Bancos. Allí ofrecerían hasta 200.000 AR\$ para financiar la compra de una propiedad. El pago del crédito se haría a 30 años, con un interés del 9% anual. La realidad fue muy distinta. Los postulantes debían tener ingresos mensuales cercanos a los 8000 AR\$ para acceder a un crédito. Según el INDEC, el 70% de los empleados en blanco gana menos de 2000 AR\$. Esto hizo que el plan llevado a la práctica, fuera un fracaso.
- Urbanización: en Diciembre de 2009, la Legislatura porteña votó unánimemente a favor de la ley de urbanización de las villas 31 y 31 bis. No se trata del primer proyecto de urbanización en la Ciudad de Buenos Aires. Las villas 3, 6, 15, 17, 19, 20, 21-24, 1-11-14, Calaza, Calacita y Piletones ya comenzaron a ser urbanizadas. El programa denominado “Pro Sur Habitat”, se basa en la experiencia Brasileña en Río de Janeiro y Belo Horizonte (“Favela Barrio” y “Villa Viva”) y en la experiencia Colombiana en Medellín y Guayaquil. [Valenzuela, 2010]. La urbanización de los asentamientos implica la apertura de calles, asfaltar las existentes, asegurar el acceso a los servicios básicos de cloacas, desagües, abastecimiento de agua potable y energía eléctrica, alumbrado, la instalación de centros de salud y escuelas. La urbanización habilita además la escrituración de las viviendas y de los terrenos. Por último, el proceso de urbanización permite a los habitantes buscar empleos formales, inscribir a sus hijos en escuelas de la zona y recibir envíos por correo. De todas las soluciones planteadas, es la que posee un mayor impacto en la calidad de vida de las personas viviendo en los asentamientos. Actualmente, la urbanización parece ser la única solución política y socialmente viable. No obstante, esta solución tiene algunas contras. Es un proyecto costoso que usualmente es financiado exclusivamente por el gobierno con fondos públicos, debe estar bien planeado y su introducción debe ser paulatina para evitar el rechazo de los habitantes. Dada la complejidad de los proyectos, suelen tomar de 8 a 10 años para implementarse completamente. Quienes se oponen a la urbanización, argumentan además, que una villa urbanizada puede albergar a más personas fomentando

asentamientos urbanos aún más grandes. Asentamientos informales más grandes, por lo general, significa problemas más grandes para la ciudad.

En el Anexo II puede encontrarse un plano de la urbanización propuesta por el Gobierno de la Ciudad.

### *C. La necesidad de soluciones combinadas*

Cualquier problema social requiere de una solución que tenga en cuenta el funcionamiento de todo el sistema. Tal como observó Forrester en su modelo, los sistemas sociales son de una naturaleza tan compleja que es imposible determinar cuál será la respuesta del sistema frente a la aplicación de una política. Todos los intentos de soluciones aisladas que se observaron en la sección anterior son claros ejemplos de cómo los sistemas sociales se acomodan muy rápidamente a las alteraciones externas en una porción aislada del sistema.

Las soluciones aisladas resultan inútiles o insuficientes en el largo plazo. Es inevitable pensar entonces en soluciones combinadas y en herramientas que permitan estimar el comportamiento del sistema ante estas políticas, antes de implementarlas.

Cualquier política de créditos, por ejemplo, debe incluir como principal beneficiario a los sectores menos pudientes. Es en este sector de la población donde el déficit habitacional es mayor, el problema no es el número de pobres urbanos, sino el acceso restringido de estos últimos a suelo urbanizado dotado de servicios y a la vivienda digna. Una de las principales causas es la distorsión de los mercados de bienes raíces. La tendencia convencional es tratar a los pobres urbanos como si fueran sujetos pasivos en la producción y consumo de suelo; sin embargo estos disponen con frecuencia de cierta capacidad de pago para adquirir suelo, pese a sus ingresos bajos e inestables. De hecho, los pobres pagan precios muy altos por las viviendas que encuentran en el mercado informal. Esta capacidad de pago podría movilizarse mejor mediante una regulación oficial y la provisión de lotes [Smolka & Larangeira, 2006].

Si bien la urbanización es parte de la solución, es cierto que llevar los servicios a zonas donde ya existen asentamientos tiene un mayor costo que proporcionar lotes dotados de servicios en zonas no ocupadas. En este sentido, es necesario diseñar una política

proactiva que tenga como objetivo proporcionar suelo con servicios adecuados a la población de bajos ingresos. Las ciudades podrían financiar el desarrollo urbano con el cobro de impuestos, ya sea por el aumento resultante en el valor del suelo como resultado de las inversiones públicas en infraestructura o servicios urbanos locales, o bien por aumento en el valor derivado de la redefinición del uso del suelo con fines más lucrativos (comercial en vez de residencial, etc.).

Los déficits habitacionales que se observan son muy grandes. Cualquier solución propuesta debe incluir la inversión privada como un actor principal por dos motivos: la necesidad de capital y la eficiencia de la que carece el estado. Sin embargo, no puede obviarse el hecho de que la promoción estatal es clave. La apuesta debe ser tanto pública como privada: el estado debe ser el encargado de proveer servicios básicos, calles, beneficios impositivos e incluso promover el desarrollo del área construyendo escuelas, parques y edificios gubernamentales. La inversión privada debe concentrarse en la oferta habitacional y comercial de los espacios a desarrollar.

No existe, sin embargo, una herramienta que actualmente permita estudiar la potencialidad de la implementación de una nueva política o proyecto en el sector habitacional. Teniendo esto en cuenta, se presenta en el próximo capítulo una herramienta que, basada en la Dinámica Urbana de Forrester, pretende estimar cualitativamente cual será el resultado de aplicar algunas de estas políticas.



### III. LA DINAMICA URBANA Y UNA SOLUCION POTENCIAL

#### A. La Hipótesis

Considerando el argumento presentado en el capítulo anterior, donde las soluciones combinadas se presentan como la principal solución a los problemas habitacionales de la ciudad, el presente trabajo propone un proyecto para desarrollar la zona donde hoy se ubican las villas 31 y 31 bis. Ambas están emplazadas en una zona que inmobiliariamente es inmejorable. Se encuentra cerca de los accesos a la ciudad, del aeroparque y el río. Posee acceso inmediato a todos los medios de transporte: tren, subte y colectivo. Se encuentra adyacente a zonas inmobiliarias Premium (Recoleta, Barrio Norte). Es evidente que el potencial de *Real Estate* de esta zona supera ampliamente el de cualquier proyecto activo o en cartera, incluso a Puerto Madero.

La hipótesis que se plantea aquí es que, teniendo en cuenta el potencial inmobiliario de esta zona, si el Gobierno de la Ciudad otorgase títulos de propiedad a los habitantes del asentamiento, y los terrenos entraran en el mercado formal de bienes raíces, habría inversores dispuestos a comprar terrenos y habitantes dispuestos a venderlos al precio de mercado. Aquí aparece el primer supuesto básico de esta hipótesis: siempre que exista alguien dispuesto a ofrecer un producto y alguien a comprarlo a un precio acordado, se regirán por el principio de oferta y demanda del mercado. En este caso los habitantes de la villa y los potenciales inversores, aceptarían vender y comprar al precio que fije el mercado.

Esto significa que el terreno de la villa 31 se vendería paulatinamente a inversores, quienes construirán en el área un nuevo desarrollo inmobiliario similar a lo ocurrido con Puerto Madero en la década de los 90. El segundo supuesto aquí, es que habrá un potencial mercado para los desarrollos que se lleven a cabo en la zona, y que todos los terrenos serán vendidos nuevamente al precio que el mercado fije (demanda infinitamente elástica).

#### B. Las Variables

Como en todo modelo de simulación, el primer paso es definir cuáles son las principales variables que intervienen en el sistema y cuáles son los límites del mismo.

Primero debemos tener en cuenta los actores principales:

- Los habitantes del asentamiento: son quienes estarán dispuestos, o no, a vender el terreno al precio de mercado.
- Los inversores de Real Estate: son los principales motores del proyecto, ya que deben comprar el terreno absorbiendo el riesgo del mismo, invertir en el desarrollo inmobiliario y comercializar al mercado final. El modelo debe reflejar que existen tres arquetipos de inversores quienes toman la posta de capitalización del proyecto en sucesivas etapas:
  - Aquellos *propensos al riesgo*, invertirán únicamente al principio: buscan inversiones de alto riesgo pero con un potencial retorno muy alto.
  - Los siguientes en invertir serán los *seguidores*, aquellos menos propensos al riesgo pero que están dispuestos a sacrificar retorno a cambio de mayor seguridad.
  - Por último, entraran en el proyecto aquellos inversores con *aversión al riesgo*. Solo invertirán si el éxito del proyecto este casi asegurado. A cambio de la mayor seguridad, el rendimiento de su inversión será considerablemente menor que la de aquellos propensos al riesgo.
- El Gobierno: está claro que todo proyecto de esta envergadura debe estar apoyado tanto por el Gobierno de la Ciudad como por el Gobierno Nacional por tres factores:
  - El asentamiento está emplazado en tierras fiscales, por lo cual es el gobierno quien debe otorgar los títulos de propiedad.
  - La inversión que debe realizarse es importante por lo cual requerirá financiamiento por parte del estado, y estabilidad económica que atraiga a los inversores.
  - Apoyo político para disminuir riesgos, fomentar la venta de los terrenos y asistir a los habitantes del asentamiento en términos legales y de movilidad.
- Los compradores finales: son el último eslabón de la cadena. Todas las fases anteriores del proyecto pueden ser un éxito, pero si no existe un mercado para el desarrollo que se realizará, todos los esfuerzos serán en vano.

En segundo lugar deben definirse los *Drivers del Sistema*. Al tratarse de un sistema que se modelará desde el punto de vista socio-económico (Mercado / Oferta-Demanda), parece casi intuitivo tomar como *drivers* a aquellas variables que influyen con mayor importancia en términos económicos:

- Precio de Venta del Terreno (Oferta): el precio por metro cuadrado que percibirán los habitantes del asentamiento aparece como el driver más importante de la

demanda. Es racional pensar que cuanto mayor sea el precio de venta, mas terreno estará disponible para ser vendido.

- Spread (Demanda): es uno de los dos drivers más significativos de la cantidad de  $m^2$  demandados. El spread está relacionado con el precio de venta del terreno (incidencia del terreno), pero a su vez está relacionado con el precio al que potencialmente podría venderse el desarrollo final. Es evidente que a mayor Spread, mayor será el terreno demandado.
- Riesgo (Demanda): es el otro driver más influyente en la demanda. A igual Spread, un proyecto menos riesgoso atraerá más inversiones que uno de mayor riesgo.

Habiendo definido los principales *drivers* del sistema, aparecen otras variables que deben ser tenidas en cuenta en el modelo a fin de definir las relaciones en el sistema:

- Cantidad de terreno ofertado.
- Cantidad de terreno vendido.
- Precio de venta final del desarrollo.
- Porcentaje de Venta: afecta por un lado al precio de venta del terreno (oferta – a mayor demanda, mayor será el precio) y por otro lado afecta al riesgo que se corre (demanda – a mayor terreno vendido, mayor será la probabilidad de éxito del proyecto).
- Terreno total disponible para ser comercializado

### C. Relaciones y Loops del Sistema

Al igual que en todo modelo de Dinámica de Sistemas, deben definirse los *loops* o lazos más importantes, y las relación de las variables dentro de estos lazos.

La descripción más elemental del sistema tiene cuatro *loops* importantes. El lazo de la Oferta, el lazo de la Demanda, el lazo de Riesgo y por último, un lazo de *pricing*:

#### C.1 Loop de Oferta (Balanceador)

- $R_1$ : A mayor precio de venta del terreno, mayor será la cantidad de  $m^2$  que estén dispuestos a ofertar. En otras palabras, cuanto mayor sea la suma de dinero que perciban los habitantes por sus viviendas, mayor cantidad de habitantes estarán dispuestos a poner en venta su hogar.

- R<sub>2</sub>: Cuanto mayor sea la superficie que se oferte en el mercado (mas habitantes dispuestos a vender), menor será la superficie de terreno que resta por ser comercializada.
- R<sub>3</sub>: Cuanto mayor sea la superficie de terreno que resta por ingresar al mercado (menos habitantes están dispuestos a vender), menor será el porcentaje de terreno vendido.
- R<sub>4</sub>: A medida que aumenta el porcentaje de venta del terreno, es decir que los habitantes perciben una demanda creciente por sus viviendas, mayor será el precio al que estarán dispuestos a renunciar a sus propiedades. Rige aquí el principio de escases.

### *C.2 Loop de Pricing (Balanceador)*

- R<sub>5</sub>: Cuanto mayor sea el precio de venta del terreno, es decir una mayor incidencia en el valor de la tierra para el desarrollo, menor será la demanda que exista por el terreno. Aquí se considera que el precio de venta del terreno actúa como un “costo” en el desarrollo inmobiliario.
- R<sub>6</sub>: A mayor demanda por el terreno, mayor será el terreno total vendido. Aquí se supone que la demanda puede exceder la oferta de terreno (puede existir una demora en la percepción de los habitantes, y el proyecto puede ser tan atractivo que la porción disponible de terreno no puede suplir la demanda), por lo cual existe un porcentaje de venta teórico o potencial y un porcentaje de venta real.
- R<sub>7</sub>: A medida que aumenta el terreno total vendido, mayor será el porcentaje de venta total del terreno.
- R<sub>4</sub>: La relación entre el porcentaje de venta y el precio de venta del terreno completa el loop.

### *C.3 Loop de Demanda (Reforzador/Balanceador)*

- R<sub>8</sub>: La demanda del terreno puede afectar de dos formas a la probabilidad de éxito (riesgo) del proyecto. Si la demanda se está acelerando, la velocidad a la que aumenta el porcentaje de éxito del proyecto será mayor a lo normal. Si por el contrario la demanda está desacelerando, la velocidad a la que aumenta el porcentaje de éxito del proyecto será menor de lo normal. Si la demanda es constante, por supuesto, la velocidad de crecimiento del éxito será normal.

- $R_9$ : Una mayor probabilidad de éxito, significa que el proyecto será más atractivo para el mercado inmobiliario, por lo cual los compradores finales estarán dispuestos a pagar un precio mayor por las unidades en venta. Una mayor probabilidad de éxito, significa entonces, un mayor precio de venta final.
- $R_{10}$ : Cuanto mayor sea el precio de venta final del desarrollo, mayor será la cantidad de metros cuadrados demandados por los inversionistas.
- $R_{11}$ : El precio de venta esperado es el valor de venta máximo que se espera alcanzar en el proyecto.
- $R_{12}$ : Claramente la probabilidad de éxito no puede crecer indefinidamente. Deben existir restricciones. No puede ser igual la probabilidad de éxito de un proyecto que se vende en su totalidad en solo 2 años, que la de un proyecto que tarda 30 años en ser comercializado. Teniendo esto en cuenta, si bien la probabilidad aumenta a medida que aumenta la proporción de terreno vendido, se le exige una condición de porcentaje de venta mínimo en un tiempo de transcurso del proyecto máximo (X% de venta como mínimo, en el año Y).

#### *C.4 Loop de Riesgo (Reforzador)*

- $R_{13}$ : Es intuitivo suponer que a medida que aumente la porción de terreno vendido, aumentará proporcionalmente la probabilidad de éxito del proyecto. La proporcionalidad entre ambas variables está dada por la aceleración de la demanda según se observó en la Relación 8.
- $R_9$ : ídem loop 3.
- $R_{10}$ : ídem loop 3.
- $R_6$ : ídem loop 2.
- $R_7$ : ídem loop 2.

La figura 9 muestra el diagrama de causal de influencia del modelo. Allí se representan las variables introducidas en la sección anterior y las relaciones entre ellas descritas en la presente sección.

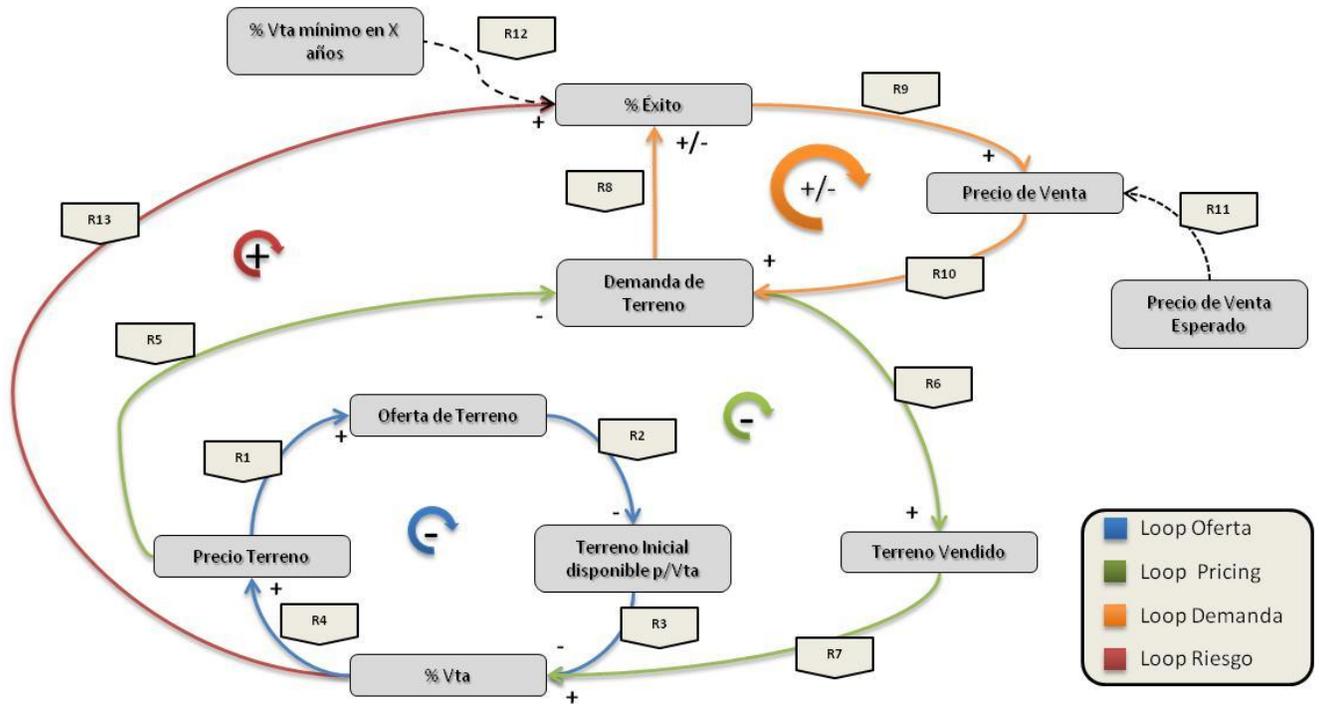


Fig 9. Diagrama Causal de influencias. Las relaciones R# hacen referencia a las relaciones descritas en la sección III.C.

#### D. Variables de Estado y Flujo

Para realizar el diagrama de Forrester del modelo, primero debe definirse que variables son de estado (Stocks), cuales son de flujo (tasas de cambio de los estados) y cuales son auxiliares.

Las variables de estado constituyen, normalmente, el conjunto de variables cuya evolución es significativa para el estudio del sistema. Representan magnitudes que acumulan los resultados de acciones tomadas en el pasado. De las relaciones presentadas en la sección anterior, se desprenden las siguientes variables de estado:

- Terreno: La cantidad inicial de terreno disponible para entrar al mercado, es decir la superficie del asentamiento.
- Terreno en Venta: La cantidad de  $m^2$  ofertados al mercado por los habitantes del asentamiento.
- Terreno Vendido: Terreno que fue vendido efectivamente a los inversores inmobiliarios.
- Precio de Venta: El precio por  $m^2$  que el mercado fija para el terreno.

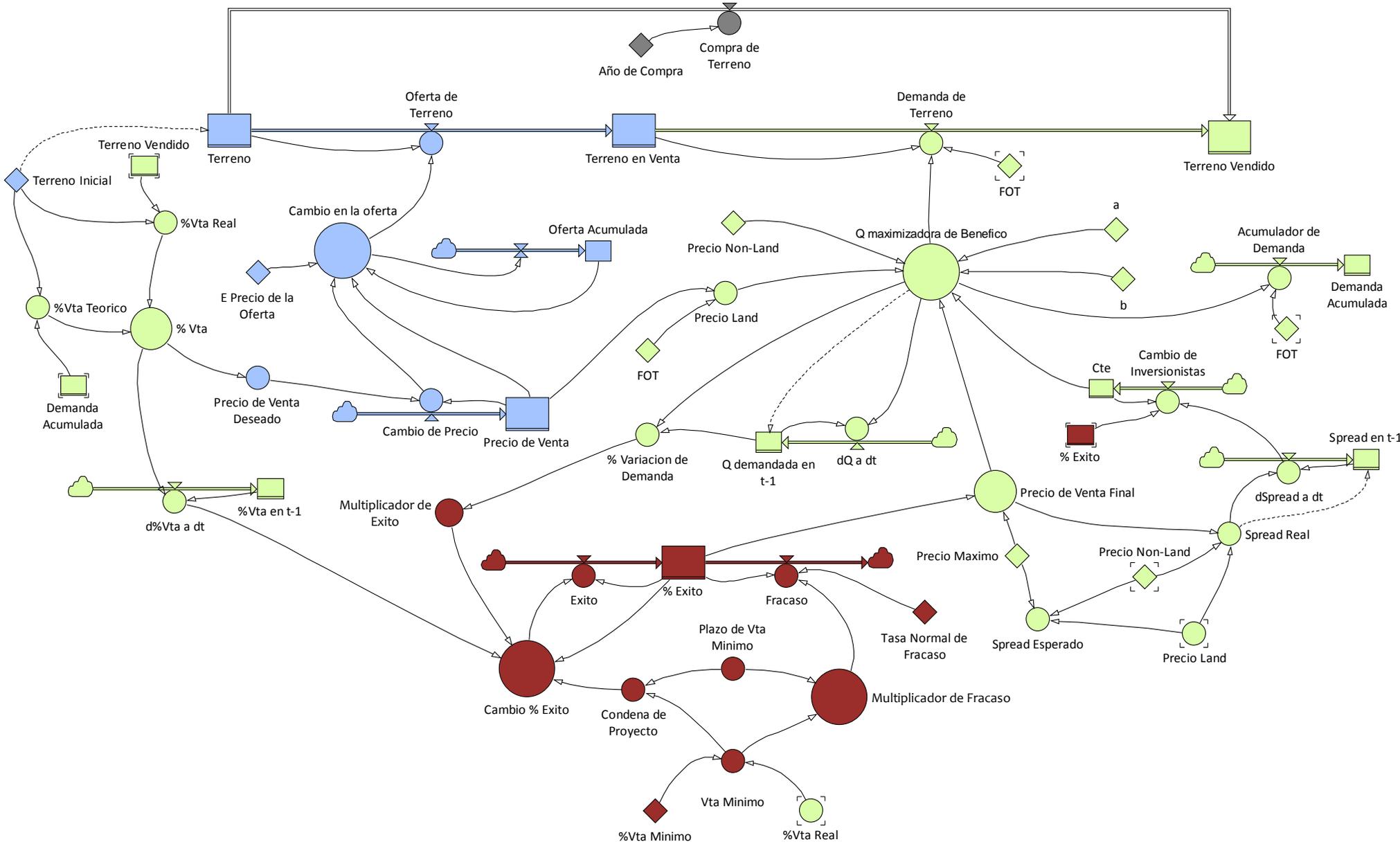
- La Probabilidad de éxito: La probabilidad que el proyecto tiene de alcanzar el precio de venta máximo que los inversores esperan. Es una representación del riesgo del proyecto.

Los flujos se determinan porque son las variables que modifican directamente el estado de las variables anteriores. Es decir son flujos de entrada o salida que modifican el nivel de los stocks. Las siguientes variables son los principales flujos del modelo:

- Oferta de terreno: es el flujo, en  $m^2$  por año, que pasan del terreno total disponible al mercado de bienes raíces.
- Demanda de terreno: es el flujo, en  $m^2$  por año, que se demanda anualmente. Es un flujo de salida para el Terreno en Venta y uno de entrada para el Terreno Vendido.
- Cambio de precio: es el flujo, en USD por  $m^2$  por año, que modifica el precio de venta del terreno.
- Éxito/Fracaso: son los flujos de entrada y salida, respectivamente, que modifican el estado de la probabilidad de éxito.

El resto de las variables son variables auxiliares (incluyendo variables de estado y flujos), que representan pasos o etapas en las que se descompone el cálculo de una variable de flujo a partir de los valores tomados de las variables de estado.

La figura 10 presenta la totalidad de variables y sus interrelaciones en el modelo final que será explicado en las subsiguientes secciones.



**Fig 10.** Diagrama de Forrester del Modelo de Venta del Asentamiento. En Azul se resaltan las variables relacionadas con la Oferta, en Verde aquellas relacionadas con la demanda y en Rojo se resaltan las variables relacionadas con el Riesgo del proyecto.

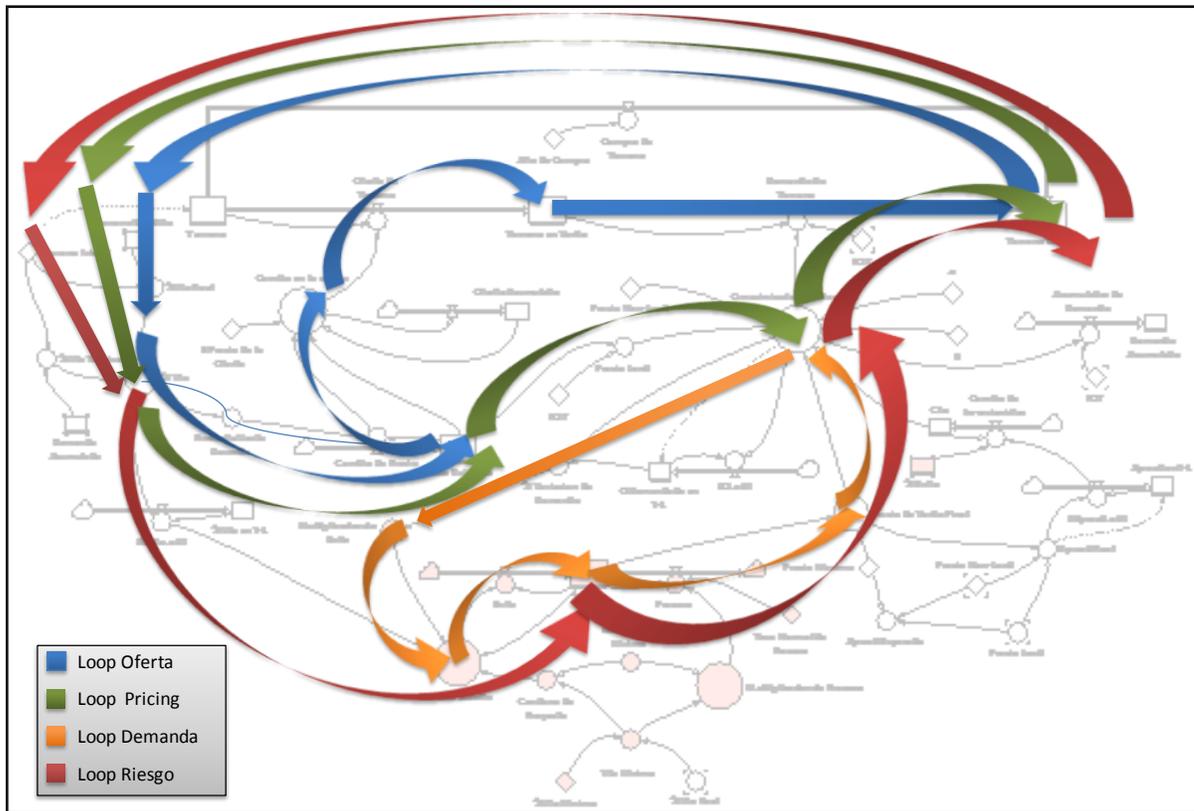
### E. Formulación del modelo

Tal como se observó en la sección previa, el sistema que representa la hipótesis de venta del asentamiento se modelará utilizando los principios de mercado de oferta y demanda. El modelo deberá representar la interacción de 4 simples lazos:

- Lazo de Oferta: modela como varía la oferta de terreno a medida que se modifica el precio del inmueble, teniendo en cuenta la escases del bien. Es simple observar que este lazo es *balanceador*, puesto que a mayor precio, mayor será la oferta y menor será la porción de terreno que resta por ofrecer al mercado.
- Lazo de “Pricing”: modela como se modifica la demanda del terreno a medida que varía el precio al que se ofertan los terrenos. Nuevamente se trata de un lazo *balanceador*, ya que cuanto mayor sea el precio del terreno, menor será la demanda por él, por lo cual el aumento de precio se verá disminuido.
- Lazo de Demanda: modela como impacta la variación de la demanda en la probabilidad de éxito, y por ende en el precio final al que se venderán las unidades construidas. Un mayor precio final de venta, por supuesto, lleva a una mayor demanda y viceversa. A diferencia del resto de los lazos, éste puede ser *reforzador* o *balanceador*, dependiendo del efecto que tenga la variación de la demanda sobre la probabilidad de éxito del proyecto.
- Lazo de Riesgo: modela como afecta la porción de terreno vendida a la probabilidad de éxito del proyecto. Es intuitivo pensar que cuanto mayor sea la porción de tierra vendida, mayor será la probabilidad de éxito del proyecto. Se trata evidentemente, de un lazo *reforzador*.

La figura 11 muestra como se han modelado cada uno de estos lazos en el modelo final.

Todo proyecto de modelado utilizando la Dinámica de Sistemas requiere la codificación del modelo en un software que procese la solución de las distintas ecuaciones que se plantean, teniendo en cuenta que muchas de estas ecuaciones son ecuaciones diferenciales. Si bien existen varias herramientas informáticas que permiten modelar utilizando la Dinámica de Sistemas, se ha optado en este proyecto por utilizar el POWERSIM por dos razones principales. En primer lugar porque es la única herramienta de este tipo de la cual se poseía una licencia, pero principalmente porque la interfaz gráfica para modelar resulta en extrema amigabilidad al usuario. Todos los gráficos, variables, ecuaciones y resultados que se introducen en el presente trabajo han sido extraídos del POWERSIM.



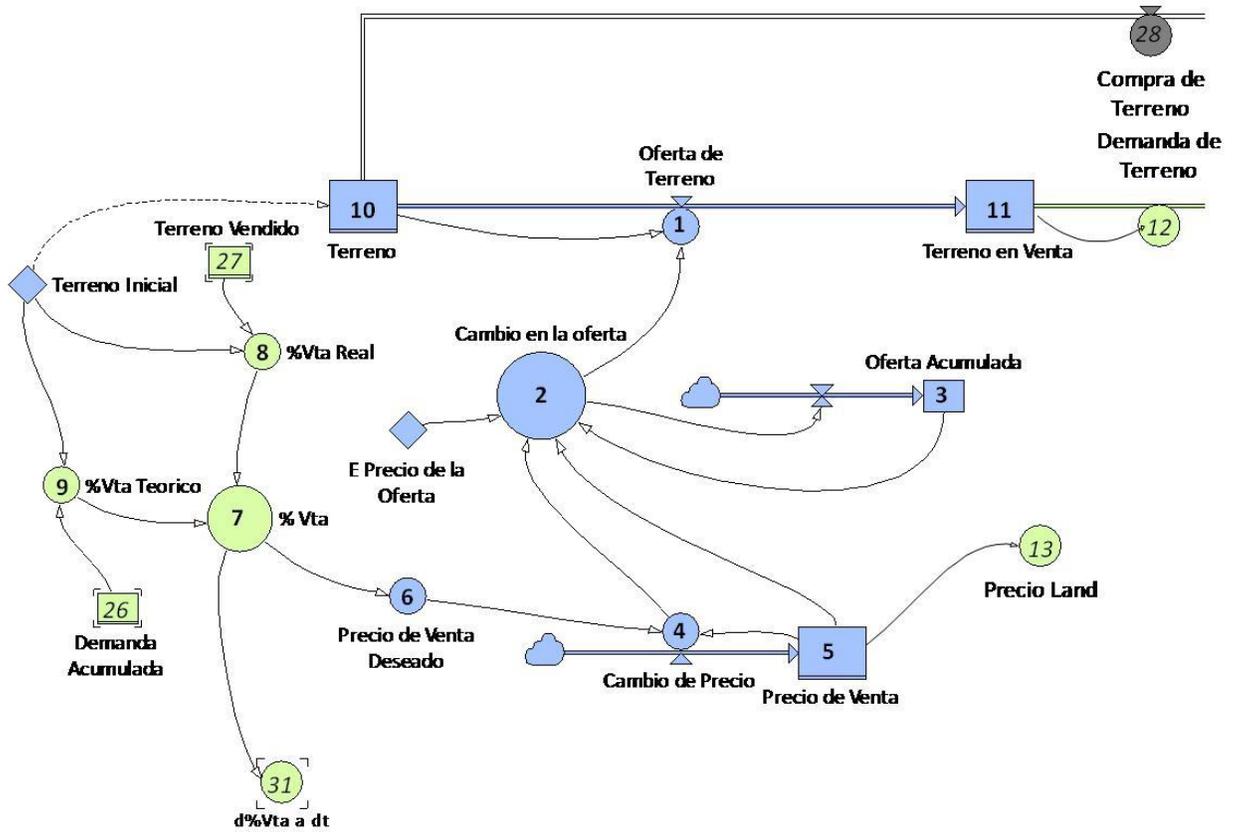
**Fig 11.** Representación de los lazos del diagrama causal de influencias presentado en la figura 9, sobre el Diagrama de Forrester del modelo de la figura 10.

### E.1 Sector de Oferta

En la figura 12 se observa una porción detallada del modelo que representa el sector de oferta. Aquí se observan tres de los principales niveles del sistema: El Terreno, el Terreno en Venta u Ofertado y el Precio de Venta al Mercado. También puede observarse uno de los principales flujos: la oferta de terreno.

Siguiendo la notación establecida por Forrester, los niveles están representados por rectángulos y los flujos por símbolos similares a válvulas. Las variables auxiliares están representadas por círculos, y matemáticamente son subdivisiones algebraicas de las variables de flujo; por lo tanto podrían ser sustituidas dentro de los flujos y desaparecer como variables separadas. Sin embargo, se mantienen separadas, porque cada una tiene un significado conceptual individual y representan aspectos identificables del sistema de venta del asentamiento.

Por simpleza, la explicación del modelo seguirá la secuencia de numeración de las ecuaciones.



**Fig 12.** Extracto del Diagrama de Forrester del modelo que representa al sector de Oferta. En **negrita** se muestran las variables que se explican en esta sección, en *cursiva* se muestran las variables dependientes explicadas en otras secciones.

La ecuación 1 es el flujo que describe la oferta de terreno. Es decir que modela como el terreno total del asentamiento pasa a formar parte de la oferta de mercado. La ecuación es una condición SI, simplemente porque si el cambio en la oferta llegare a ser mayor que el terreno disponible para ser vendido, el valor final del nivel "Terreno" no puede ser menor que cero. Usualmente, la "Oferta de Terreno" será igual al "Cambio en la Oferta".

$$OT = IF \left( (CO * \Delta t) < T, CO, \frac{T}{\Delta t} \right) \quad III.1$$

OT: Oferta de Terreno [m<sup>2</sup>/yr]

CO: Cambio en la oferta [m<sup>2</sup>/yr]

Δt: Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

T: Terreno [m<sup>2</sup>]

La ecuación 2 representa el cambio en la oferta que se utiliza en la ecuación 1. Para modelar este cambio en la cantidad de terreno ofrecido al mercado, se tomo el principio de la elasticidad precio de la oferta. La elasticidad representa la relación entre el cambio porcentual de una variable respecto de otra. En este caso, la relación entre el cambio porcentual del Precio de Venta del Terreno y la Cantidad de metros cuadrados ofertada:

$$\varepsilon_{P,S} \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{Q_t - Q_{t-1}}{Q_{t-1}} \quad \text{III.2.1}$$

Despejando en esta ecuación  $\Delta Q$  ( $Q_t - Q_{t-1}$ ) se obtiene la ecuación 2.  $\Delta P$  proviene de la ecuación 4 que calcula el cambio de precio.  $P_{t-1}$  es el valor de precio de venta actual.  $Q_{t-1}$  está dado por la oferta actual de  $m^2$ . La elasticidad precio de la oferta se calcula empíricamente. Algunas estimaciones ubican a la elasticidad de la oferta de vivienda urbana entre 5,3 y 3,8. [Smith, 1976]. Otras estimaciones ubican el valor entre 4.31 y 6.6 [Epple *et al.*, 2007]. Siendo conservadores y con el fin de no sobre-dimensionar la demanda, este trabajo considerará un Elasticidad Precio de la Oferta  $\varepsilon_{P,S}$  de 4.

$$CO = \frac{\varepsilon_{P,S} * \Delta P * OA}{PV} \quad \text{III.2.2}$$

CO: Cambio en la oferta [ $m^2$ /yr]  
 $\varepsilon_{P,S}$ : Elasticidad Precio de la Oferta = 4  
 $\Delta P$ : Cambio de Precio [USD/( $m^2$ \*yr)]  
 OA: Oferta Acumulada [ $m^2$ ]  
 PV: Precio de Venta [USD/ $m^2$ ]

Puesto que el nivel de Terreno en Venta (ec. 11) se ve modificado a medida que los inversionistas demandan terreno, no puede utilizarse este valor para el cálculo del cambio de oferta. La ecuación 3 es un nivel auxiliar que sirve como acumulador de oferta para permitir el cálculo del cambio de oferta CO en la ecuación 2. Puesto que todos los niveles deben poseer un valor inicial, se supone en este caso, que la oferta inicial del terreno será del 1% del terreno total.

$$OA_t = OA_{t-1} + \Delta t * CO_{\Delta t} \quad \text{III.3}$$

$$OA_{t=0} = 3200 m^2 = 1\% \text{ del terreno inicial}$$

OA: Oferta Acumulada [ $m^2$ ]  
 $\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]  
 CO: Cambio de Oferta [ $m^2$ /yr]

La ecuación 4 calcula el cambio de precio en el  $\Delta t$ . Esta dado por la diferencia entre el precio actual y el precio deseado.

$$\Delta P = \frac{PVD - PV}{\Delta t} \quad \text{III.4}$$

$\Delta P$ : Cambio de Precio [USD/(m<sup>2</sup>\*yr)]

PVD: Precio de Venta Deseado [USD/m<sup>2</sup>]

PV: Precio de Venta Actual [USD/m<sup>2</sup>]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

La ecuación 5 es la variable de estado que representa el Precio de Venta del terreno. Este nivel simplemente acumula los cambios en el precio generados por la diferencia entre el Precio de Venta Deseado y el Precio Real de Venta. Al igual que las demás variables, debe suponerse un valor inicial para este nivel a fin de permitir los cálculos en la simulación. Según datos informales, una porción de terreno en la villa 31 oscila entre 70 y 90 USD/m<sup>2</sup>. Se asumirá un valor inicial de la tierra de 80 USD/m<sup>2</sup>.

$$PV_t = PV_{t-1} + \Delta t * \Delta P_{\Delta t} \quad \text{III.5}$$

$$PV_{t=0} = 80 \frac{USD}{m^2}$$

PV: Precio de Venta Actual [USD/ m<sup>2</sup>]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

$\Delta P$ : Cambio de Precio [USD/(m<sup>2</sup>\*yr)]

Tal como se expuso en la relación 4, existe una correlación entre la porción de terreno vendido y el precio de venta deseado para comercializar el terreno. El Diario La Nación posee un reporte mensual de los valores inmobiliarios en los distintos Barrios de la Ciudad de Buenos Aires. De allí puede obtenerse valores máximos y mínimos por Barrio, para la incidencia por metro cuadrado del terreno y el valor de compra de departamentos nuevos y usados. En la Figura 13 pueden observarse datos para 28 Barrios de la Ciudad.

Los valores de esta tabla permiten confeccionar la próxima variable. Para modelar el Precio de Venta Deseado por los habitantes del asentamiento, se asume que a medida que aumenta el porcentaje de venta del terreno, también lo hace el precio del m<sup>2</sup> de terreno. Es decir que, conforme avance el proyecto, la tierra que se comercialice pasará

de tener un valor de 80 USD/m<sup>2</sup>, hasta alcanzar los 1600 USD/m<sup>2</sup> una vez que se haya vendido el 100% del terreno.

Barrio	Incidencia Terreno [USD/m <sup>2</sup> ]			Dpto a Estrenar [USD/m <sup>2</sup> ]		
	Minimo	Maximo	Promedio	Minimo	Maximo	Promedio
Boedo	240	340	<b>290</b>	1100	1250	<b>1175</b>
Agronomia	250	350	<b>300</b>	1100	1200	<b>1150</b>
Villa Pueyrredon	280	320	<b>300</b>	1150	1300	<b>1225</b>
Barracas	270	400	<b>335</b>	1200	1600	<b>1400</b>
Floresta	280	400	<b>340</b>	1100	1400	<b>1250</b>
Montserrat	300	400	<b>350</b>	1100	1350	<b>1225</b>
Villa del Parque	320	420	<b>370</b>	1400	1600	<b>1500</b>
Saavedra	350	420	<b>385</b>	1250	1500	<b>1375</b>
Parque Chacabuco	350	450	<b>400</b>	1050	1400	<b>1225</b>
San Telmo	350	450	<b>400</b>	1500	1700	<b>1600</b>
Balvanera	400	450	<b>425</b>	1000	1600	<b>1300</b>
Colegiales	350	500	<b>425</b>	1200	1500	<b>1350</b>
Flores	370	480	<b>425</b>	1350	1500	<b>1425</b>
Parque Centenario	350	500	<b>425</b>	1100	1450	<b>1275</b>
Nuñez	400	500	<b>450</b>	1600	1800	<b>1700</b>
Almagro	450	500	<b>475</b>	1100	1700	<b>1400</b>
Villa Devoto	450	500	<b>475</b>	1200	1700	<b>1450</b>
Urquiza	400	550	<b>475</b>	1600	1800	<b>1700</b>
Palermo Viejo	480	600	<b>540</b>	1600	1900	<b>1750</b>
Microcentro	500	600	<b>550</b>	1600	1900	<b>1750</b>
Caballito	550	700	<b>625</b>	1400	1900	<b>1650</b>
Palermo Hollywood	550	700	<b>625</b>	1700	2200	<b>1950</b>
Belgrano	600	800	<b>700</b>	1900	2350	<b>2125</b>
Palermo Nuevo	750	850	<b>800</b>	2000	2600	<b>2300</b>
Barrio Norte	750	1000	<b>875</b>	1950	2400	<b>2175</b>
Palermo Chico	1100	1400	<b>1250</b>	2900	3600	<b>3250</b>
Recoleta	1100	1400	<b>1250</b>	2450	3700	<b>3075</b>
Puerto Madero	1200	2000	<b>1600</b>	3500	5400	<b>4450</b>

Fig 13. Valores de Incidencia de Terreno y precio por metro cuadrado de departamentos a estrenar por Barrio de la Ciudad. Fuente: Diario La Nación, Suplemento Propiedades, Marzo 2010.

Surge entonces la ecuación 6 que permite el cálculo del Precio de Venta Deseado. Conocido el porcentaje de venta actual, se calcula mediante interpolación lineal cual es el precio de venta deseado. GRAPH es la fórmula de POWERSIM que permite hacer esta interpolación.

$$PVD = GRAPH(\%Vta, min, \Delta\%Vta, \{Tabla de Datos\}) \quad III.6$$

PVD: Precio de Venta Deseado [USD/ m<sup>2</sup>]

%Vta: Porcentaje de Venta [%]

Min: Mínimo desde el cual se empieza a graficar la curva = 0 %

Δ%Vta: Paso del grafico ≈ 3%

Tabla de Datos: 100, 195, 290, 300, 300, 335, 340, 350, 370, 385, 400, 400, 425, 425, 425, 425, 450, 475, 475, 475, 540, 550, 625, 625, 700, 800, 875, 1250, 1250, 1600 [USD/ m<sup>2</sup>]

La ecuación 7 calcula el porcentaje de venta en base al porcentaje de venta real y el porcentaje de venta teórico. Éste último se calcula para reflejar el hecho de que puede existir demanda insatisfecha que, si bien no hay terreno disponible aún para satisfacerla, tiene un impacto en el precio al que se oferten los terrenos.

$$\%Vta = IF(MAX(\%Vta R, \%Vta T) \geq 1, 1, MAX(\%Vta R, \%Vta T)) \quad III.7$$

%Vta: Porcentaje de Venta [%]

%Vta R: Porcentaje de Venta Real [%]

%Vta T: Porcentaje de Venta Teórico [%]

La ecuación 8 calcula el porcentaje de venta real del proyecto.

$$\%Vta R = \frac{TVO}{TI} \quad III.8$$

%Vta R: Porcentaje de Venta Real [%]

TVO: Terreno Vendido [m<sup>2</sup>]

TI: Terreno Inicial [m<sup>2</sup>]

La ecuación 9 calcula el porcentaje de venta teórico en base a la demanda acumulada.

$$\%Vta T = \frac{DA}{TI} \quad III.8$$

%Vta T: Porcentaje de Venta Teórico [%]

DA: Demanda Acumulada [m<sup>2</sup>]

TI: Terreno Inicial [m<sup>2</sup>]

La ecuación 10 es la ecuación de nivel que representa la porción de terreno que aún no ha sido ofrecida al mercado. El valor inicial de este nivel es equivalente a la superficie de la

villa, 320.000 m<sup>2</sup>. Se ve afectado por dos flujos salientes: La oferta de terreno por parte de los habitantes, y un flujo denominado “compra de terreno” que pretende modelar el hipotético caso de una compra concentrada ya sea del gobierno o de un grupo económico.

$$T_t = T_{t-1} - \Delta t * (OT_{\Delta t} + CT_{\Delta t}) \quad \text{III.10}$$

$$T_{t=0} = \text{Terreno Inicial} = 320.000 \text{ m}^2 = \text{Superficie Villa 31 y 31 bis}$$

T: Terreno [m<sup>2</sup>]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

OT: Oferta de Terreno [m<sup>2</sup>/yr]

CT: Compra de Terreno [m<sup>2</sup>/yr]

La ecuación 11, al igual que la ecuación 10, es una ecuación de nivel que en este caso representa la oferta acumulada de terreno al mercado. Se supone que la porción de terreno inicial a la venta es nula. El Terreno en Venta se verá incrementado a partir del primer año por el aumento en la oferta. Dos flujos afectan a este nivel: la oferta anual de terreno hace que incremente, mientras que la demanda de terreno hace que disminuya.

$$TV_t = TV_{t-1} + \Delta t * (OT_{\Delta t} - DT_{\Delta t}) \quad \text{III.11}$$

$$TV_{t=0} = 0 \text{ m}^2$$

TV: Terreno en Venta [m<sup>2</sup>]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

OT: Oferta de Terreno [m<sup>2</sup>/yr]

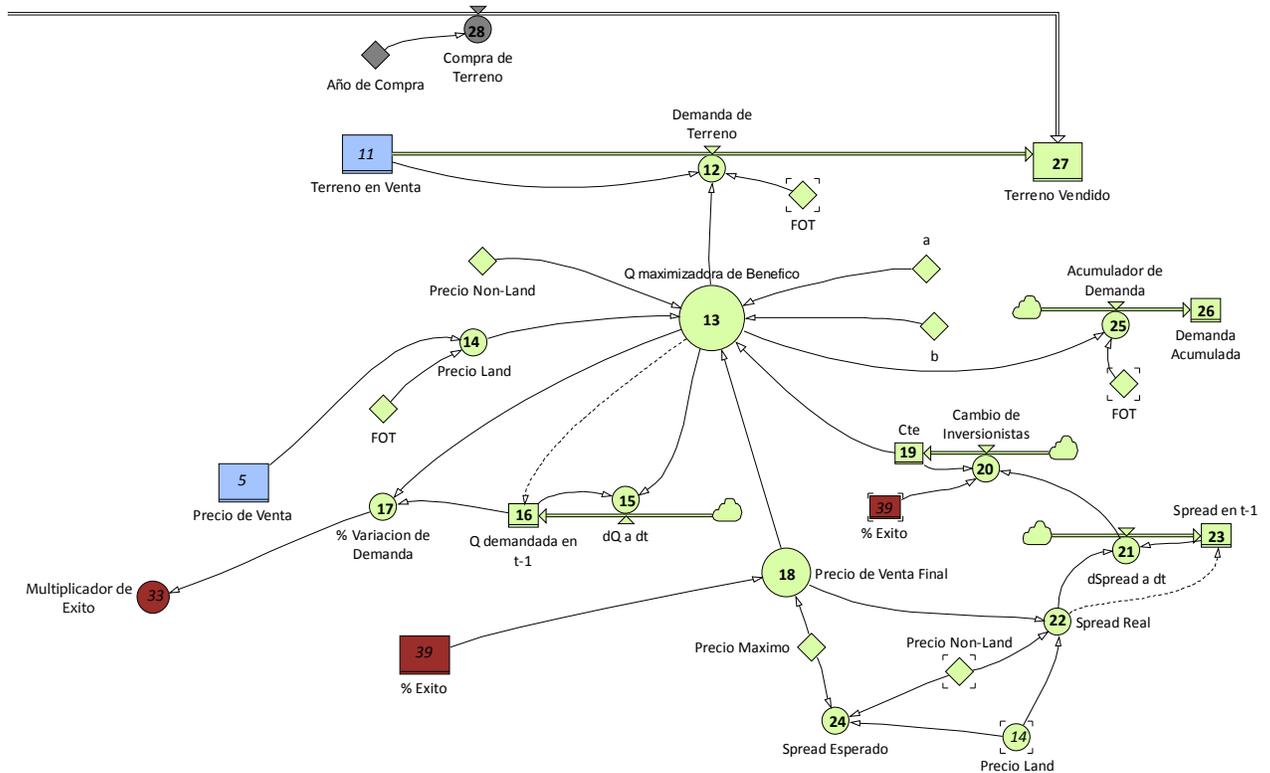
DT: Demanda de Terreno [m<sup>2</sup>/yr]

En la Figura 12, aparece el primero de los lazos del modelo. El lazo de oferta. Teniendo en cuenta las ecuaciones hasta aquí introducidas, es fácil ver que a medida que la demanda crece, y el terreno vendido aumenta, aumenta el porcentaje de venta del proyecto. Esto hace que el precio de venta deseado suba, haciendo cada vez mayor el cambio en la oferta a través de la ecuación 2. Sin embargo, el terreno disponible para ser ofertado al mercado es escaso, por lo cual cada año transcurrido hace que la variable de estado disminuya hasta finalmente llegar a cero.

E.2 Sector de Demanda

Este sector es quizás la pieza central del modelo. Si bien el lazo de oferta es un componente importante del sistema que se pretende representar, se trata de un loop simple y cuyo comportamiento puede predecirse fácilmente.

El loop de Demanda, por el contrario, puede adoptar dos conductas (balanceadora o reforzadora) dependiendo de la interrelación de las variables dentro del modelo. Esto hace que su comportamiento no pueda ser pronosticado con algún grado certeza. Aquí es donde los modelos de Dinámica de Sistemas resultan más valiosos, pues permiten predecir y comprender el comportamiento de los sistemas, aun los más complejos.



**Fig 14.** Extracto del Diagrama de Forrester del modelo, que representa al sector de Demanda. En **negrita** se muestran las variables que se explican en esta sección, en *cursiva* se muestran las variables dependientes explicadas en otras secciones.

La ecuación 12 representa la cantidad real demandada en  $m^2$ . Al igual que la ecuación 1, se modela como una condición SI ya que de superar la Demanda de Terreno al Terreno en Venta, éste no podría adquirir un valor negativo. Puesto que los  $m^2$  que se obtienen de la maximización de ganancia en la ecuación 13 son  $m^2$  construidos, es necesario dividirlos por el Factor de Ocupación Total para convertirlos a  $m^2$  de terreno. Dado que se propone un desarrollo similar a Puerto Madero, se utilizará el FOT promedio de esa zona que resulta ser 5.

$$DT = IF \left( \left( \frac{Q}{FOT * \Delta t} \right) < TV, \frac{Q}{FOT}, \frac{TV}{\Delta t} \right) \quad \text{III.12}$$

DT: Demanda de Terreno [ $\text{m}^2/\text{yr}$ ]

Q: Cantidad que Maximiza de Beneficio [ $\text{m}^2$  Construidos/yr]

FOT: Factor de Ocupación Total = 5 [ $\text{m}^2$  Construidos/  $\text{m}^2$  terreno]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

TV: Terreno en Venta [ $\text{m}^2$ ]

Existen distintas formas para calcular cual sería la demanda anual de terreno. Si se dispusiera de una curva de demanda, bastaría con hacer coincidir el precio de venta en la curva y esto devolvería la cantidad demandada. Sin embargo, existe otro factor que afecta la demanda. *Cæteris paribus*, la cantidad demandada será mayor cuanto mayor sea el precio de venta final del proyecto. En la figura 15 se observa cómo actúan estos factores sobre la curva de demanda. Resulta muy difícil cuantificar estos efectos si se desconoce la forma de la curva.

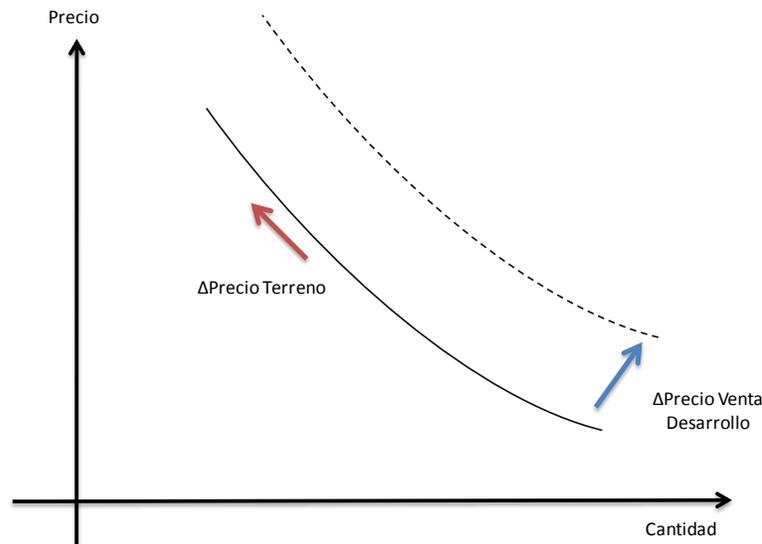


Fig 15. Efectos del cambio en el Precio del Terreno y en el Precio de Venta del Desarrollo sobre la Cantidad Demandada

Una forma de modelar la demanda de terreno, es comprender que la demanda de terreno en este mercado es un factor de producción para la oferta de otro mercado. En otras palabras, los desarrolladores demandan terreno para utilizarlo como materia prima en la producción de desarrollos inmobiliarios que luego venden a un precio mayor. En este

contexto, es viable representar la demanda de terreno según la función de producción  $Q=f(L, M)$ , donde L representa al factor tierra o *land* y M se compone de todo el resto de los factores *non-land* [Epple et al., 2007; Lucas & Rossi-Hansberg, 2002]. Numerosos autores están de acuerdo en que la función de producción de las viviendas se aproxima lo suficiente a una función de Cobb-Douglas. [Alonso, 1964; Mills, 1967; Muth, 1969; Smith et al., 1988; Glaeser & Gyourko, 2005; Brueckner & Rosenthal, 2005; Epple et al., 2007]. Esto permite representar la función de producción de viviendas de la siguiente forma:

$$Q(L, M) = AM^{\alpha}L^{\beta} \quad \text{III.13.1}$$

Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  pueden estimarse empíricamente, y una propiedad interesante de la Cobb-Douglas es que estas constantes representan la elasticidad de la producción respecto del factor M y L [Nicholson, 2004]. A los efectos prácticos, utilizaremos en este trabajo un  $\alpha=0,5$  y un  $\beta=0,1$ . La mayoría de la bibliografía consultada se aproxima a estos valores. El parámetro  $\alpha$  es algo inferior a lo consultado, sin embargo al ser 5 veces mayor que  $\beta$  permite que los ratios de inversión entre *land* y *non-land* se mantengan en un 20%, valor que se ajusta más a este tipo de emprendimientos en la Argentina.

Para obtener el cálculo de las viviendas que se construirán con un precio y costos dados, se debe recurrir a la ecuación de Beneficios  $\pi$ , haciendo simplemente Ingresos  $P*Q$  menos Costos Totales CT. En la ecuación 13.2 se reemplaza Q por la función de producción y el costo total dado por la inversión en *land* (costo  $P_l$ ) y *non-land* (costo  $P_m$ ):

$$\pi = P * Q - CT = PAM^{\alpha}L^{\beta} - P_m M - P_l L \quad \text{III.13.2}$$

Debe encontrarse ahora los factores M y L que maximizan el beneficio. Las condiciones de primer orden para un beneficio máximo son:

$$\frac{\partial \pi}{\partial M} = PA\alpha M^{\alpha-1}L^{\beta} - P_m = 0 \quad \text{III.13.3}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial L} = P\beta M^{\alpha}L^{\beta-1} - P_l = 0 \quad \text{III.13.4}$$

Realizando el cociente de 13.3 y 13.4 se encuentra la relación entre M y L:

$$L = \frac{\beta P_m}{\alpha P_l} M \quad \text{III.13.5}$$

Reemplazando esta relación en las ecuaciones 13.3 y 13.4, y despejando respecto de K y L respectivamente:

$$K = \left[ \frac{PA\alpha}{P_m} \left( \frac{\beta P_m}{\alpha P_l} \right)^\beta \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \quad \text{III.13.6}$$

$$L = \left[ \frac{PA\beta}{P_l} \left( \frac{\alpha P_l}{\beta P_m} \right)^\alpha \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \quad \text{III.13.7}$$

Finalmente reemplazando las ecuaciones 13.6 y 13.7 en la función de producción 13.1, se obtiene la Cantidad de Viviendas en m<sup>2</sup> construidos que maximizan el beneficio de los inversionistas:

$$Q(L, M) = A \left[ \frac{PA\alpha}{P_m} \left( \frac{\beta P_m}{\alpha P_l} \right)^\beta \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} \left[ \frac{PA\beta}{P_l} \left( \frac{\alpha P_l}{\beta P_m} \right)^\alpha \right]^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}} \quad \text{III.13.8}$$

Es simple comprobar que las condiciones de segundo orden se cumplirán siempre que  $\alpha < 1$  y  $\beta < 1$ .

Finalmente renombrando las variables en 13.8, se obtiene la ecuación de Cantidad maximizadora de Beneficio que se codifica en el Software. El precio de los factores *non-land*, es el costo de construcción de un desarrollo Premium. Se supone, en este caso, un costo constante de 1200 USD/ m<sup>2</sup>.

$$Q = \text{Cte} \left[ \frac{PVF * \text{Cte} * \alpha}{PNL} \left( \frac{\beta * PNL}{\alpha * PL} \right)^\beta \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} \left[ \frac{PVF * \text{Cte} * \beta}{PL} \left( \frac{\alpha * PL}{\beta * PNL} \right)^\alpha \right]^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}} \quad \text{III.13.9}$$

Q: Cantidad que Maximiza Beneficios [m<sup>2</sup> Construidos/yr]

Cte: Constante de la función de Producción

PVF: Precio de Venta Final [USD/m<sup>2</sup> Construidos]

PNL: Costo de los factores non-land [USD/m<sup>2</sup> Construidos] = 1200 USD/m<sup>2</sup>

PL: Costo de los factores land [USD/m<sup>2</sup> Construidos]

$\alpha$ : Parámetro *non-land* de la función de Producción = 0,5

$\beta$ : Parámetro *land* de la función de Producción = 0,1

La ecuación 14, permite calcular la incidencia del terreno por m<sup>2</sup> Construido. Esto se realiza aplicando el FOT, que relaciona m<sup>2</sup> de terreno con m<sup>2</sup> Construido, al precio de venta del terreno de la ecuación 5.

$$PL = PV/FOT \quad \text{III.14}$$

PL: Costo de los factores *land* [USD/m<sup>2</sup> Construidos]

PV: Precio de Venta del Terreno [USD/m<sup>2</sup> Terreno]

FOT: Factor de Ocupación Total = 5 [m<sup>2</sup> Construidos/ m<sup>2</sup> terreno]

La ecuación 15, es un flujo auxiliar que calcula la variación de la demanda en el  $\Delta t$ . El signo de esta variable indica si la demanda está acelerando o desacelerando.

$$\Delta Q = \frac{Q_t - Q_{t-1}}{\Delta t} \quad \text{III.15}$$

$\Delta Q$ : Cambio en la Cantidad que maximiza el Beneficio [m<sup>2</sup> Construidos/yr<sup>2</sup>]

Q: Cantidad que Maximiza Beneficios [m<sup>2</sup> Construidos/yr]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

La ecuación 16 es una variable de nivel auxiliar, que acumula los cambios en la demanda para conservar el valor de Q en t-1.

$$Q_{t-1} = Q_{t-2} + \Delta t * \Delta Q \quad \text{III.16}$$

$$Q_{t=0} = Q \text{ maximizadora en } t_0$$

Q: Cantidad que Maximiza Beneficios [m<sup>2</sup> Construidos/yr]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

$\Delta Q$ : Cambio en la Cantidad que maximiza el Beneficio [m<sup>2</sup> Construidos/yr<sup>2</sup>]

La ecuación 17 devuelve la variación porcentual de la demanda para ser utilizada como multiplicador en la ecuación 33.

$$\Delta Q\% = \frac{Q_t - Q_{t-1}}{Q_{t-1}} \quad \text{III.17}$$

$\Delta Q\%$ : Variación Porcentual en la Cantidad que maximiza el Beneficio

Q: Cantidad que Maximiza Beneficios [m<sup>2</sup> Construidos/yr]

La ecuación 18 calcula el precio de venta final del desarrollo inmobiliario, en base al precio máximo que se espera alcanzar. Éste precio máximo esta dado por el valor de mercado de

un desarrollo Premium. Se toma un valor promedio de mercado en la Zona de Puerto Madero de 4000 USD/m<sup>2</sup>. En otras palabras, si el desarrollo es un éxito (probabilidad de éxito igual a 100%), el valor máximo que podría alcanzar el m<sup>2</sup> vendible es el valor de mercado de Puerto Madero. Mientras la probabilidad de éxito sea menor al 100%, el valor de venta del m<sup>2</sup> será proporcionalmente menor al máximo.

$$PVF = PVM * \%Exito \quad \text{III.18}$$

PVF: Precio de Venta Final [USD/m<sup>2</sup> Construido]

PVM: Precio de Venta Máximo que puede alcanzar el desarrollo = 4000 USD/ m<sup>2</sup> Construido

%Éxito: Probabilidad de Éxito del Desarrollo [%]

La ecuación 19, es la Constante de la Función de Producción de la ecuación 13. Esta Constante A permitirá introducir, tal como se observó en la Sección III.B a los distintos arquetipos de inversores. Se deriva de la ecuación 13.1 que, *Cæteris paribus*, a mayor A mayor será la Cantidad demandada. Suponiendo que se parte de un mercado en equilibrio, el valor inicial de la Constante se calcula de forma tal que la demanda inicial sea igual a la oferta inicial; es decir 1% del terreno disponible.

$$Cte_t = Cte_{t-1} + \Delta t * CI_{\Delta t} \quad \text{III.19}$$

$$Cte_{t=0} = 52,46 \therefore \text{Demanda en } t_0 = 1\% \text{ del terreno inicial}$$

Cte: Constante A de la Función de Producción

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

CI: Cambio de Inversionistas [1/yr]

La ecuación 20 es el flujo que modifica el valor de la Constante en la ecuación 19. Aquí se modelan los tres arquetipos de inversionistas introducidos en la hipótesis del sistema: propensos al riesgo, seguidores y aversos al riesgo. Con el fin de implementar la introducción de estos inversores a lo largo del proyecto, se suponen algunas hipótesis:

- El cambio en la conducta de los inversores no se produce instantáneamente, sino que es gradual a lo largo del tiempo
- Los Inversores propensos al riesgo son los primeros en ingresar, e invertirán hasta que la probabilidad de éxito alcance el 50%. Durante este período el flujo hacia el nivel "Constante" es nulo.
- Los seguidores son los siguientes en participar del proyecto, y comenzarán a invertir cuando la probabilidad de éxito supere el 50%. Para modelar el ingreso

gradual de estos inversionistas, se propone un flujo anual positivo hacia el nivel “Constante” que corresponde al 10% del valor del nivel. Dejarán de invertir cuando el spread que obtienen por la inversión comience a disminuir.

- Los inversores con aversión son los últimos en ingresar y continuarán invirtiendo, aunque cada año en menor medida, mientras exista oferta de tierra. Al igual que los inversionistas anteriores su ingreso es paulatino, pero la demanda en este caso es decreciente conforme se reduce el spread obtenido. Se propone un flujo negativo correspondiente al 1% del valor de la constante a partir del momento en que comience a disminuir el spread del proyecto.

La figura 16 resume los conceptos que llevan a introducir al ecuación 20.

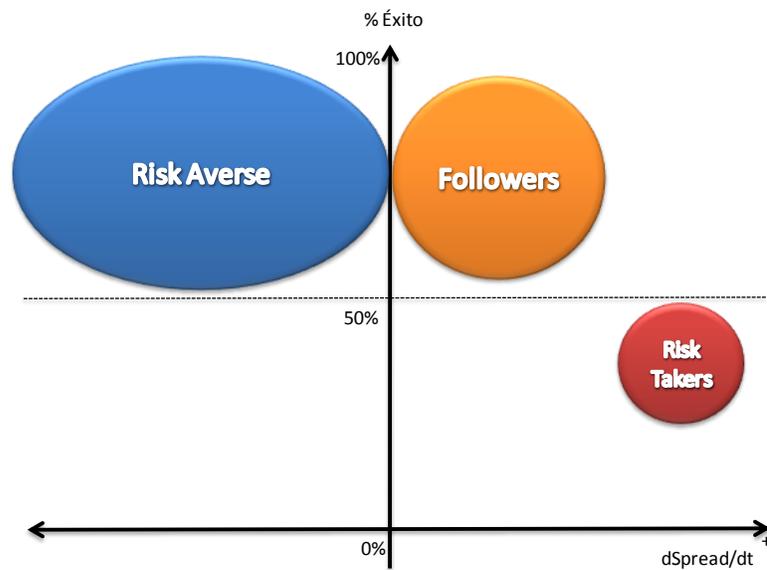


Fig 16. Relación de los arquetipos de Inversionistas con la probabilidad de éxito y el cambio en Spread.

$$CI = IF \left( \% E < 50\%, 0, IF(\Delta S > 0, 0.1 * Cte, IF(Cte = 0, 0, -0.01 * Cte)) \right) \quad III.20$$

CI: Cambio de Inversionistas [1/yr]

%E: Probabilidad de Éxito del proyecto [%]

$\Delta S$ : Cambio en el spread en  $\Delta t$  [USD/(yr\* m<sup>2</sup>)]

Cte: Constante A de la Función de Producción

La ecuación 21 permite determinar la variación anual en el spread real, que luego será utilizada como variable decisoria en el cambio de inversionistas modelado en la ecuación 20.

$$\Delta S = \frac{SR_t - SR_{t-1}}{\Delta t} \quad \text{III.21}$$

$\Delta S$ : Cambio en el Spread Real [USD/(yr\* m<sup>2</sup> )]

SR: Spread real [USD/ m<sup>2</sup> Construidos]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

La ecuación 22 calcula el Spread Real (utilidad bruta por m<sup>2</sup> Construido) teniendo en cuenta el Precio de Venta Final del proyecto, la incidencia del terreno y los costos de construcción.

$$SR = PVF - PNL - PL \quad \text{III.22}$$

SR: Spread Real [USD/m<sup>2</sup> Construidos]

PVF: Precio de Venta Final [USD/m<sup>2</sup> Construido]

PNL: Costo de los factores *non-land* [USD/m<sup>2</sup> Construidos] = 1200 USD/m<sup>2</sup>

PL: Costo de los factores *land* [USD/m<sup>2</sup> Construidos]

La ecuación 23, de forma similar a la ecuación 16 con la cantidad demandada, almacena el valor de la variable "Spread" en el instante t-1 para calcular la variación en  $\Delta t$  de la ecuación 21.

$$SR_{t-1} = SR_{t-2} + \Delta t * \Delta S \quad \text{III.23}$$

$$S_{t=0} = \text{Spread Inicial}$$

SR: Spread Real [USD/m<sup>2</sup> Construidos]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

$\Delta S$ : Cambio en el Spread Real [USD/(yr\* m<sup>2</sup> )]

A los fines comparativos una vez obtenidos los resultados del modelo, la ecuación 24 calcula el spread esperado por los inversionistas en base al Precio Máximo de Venta Esperado, la incidencia del terreno y los costos de construcción.

$$SE = PVM - PNL - PL \quad \text{III.24}$$

SE: Spread Esperado [USD/m<sup>2</sup> Construidos]

PVM: Precio de Venta Máximo Esperado = 4000 USD/m<sup>2</sup> Construido

PNL: Costo de los factores *non-land* [USD/m<sup>2</sup> Construidos] = 1200 USD/m<sup>2</sup>

PL: Costo de los factores *land* [USD/m<sup>2</sup> Construidos]

La ecuación 25 permite calcular la demanda en  $m^2$  de terreno a partir de la cantidad de  $m^2$  construidos que maximiza el beneficio, convirtiendo a este valor en flujo acumulativo para el cálculo del porcentaje de venta teórico en la ecuación 8.

$$AD = \frac{Q}{FOT} \quad \text{III.25}$$

AD: Acumulador de Demanda [ $m^2$  terreno/yr]

Q: Cantidad que Maximiza Beneficios [ $m^2$  Construidos/yr]

FOT: Factor de Ocupación Total = 5 [ $m^2$  Construidos/  $m^2$  terreno]

La ecuación 26 es la ecuación del nivel que representa la Demanda Acumulada. Simplemente acumula el flujo de la ecuación 25.

$$DA_t = DA_{t-1} + \Delta t * AD \quad \text{III.26}$$

$$DA_{t=0} = 0 m^2$$

DA: Demanda Acumulada [ $m^2$ ]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

AD: Acumulador de Demanda [ $m^2$ /yr]

La ecuación 27 es la ecuación de nivel que representa el terreno vendido a los inversionistas. Se ve afectado por dos flujos entrantes: La demanda de terreno por parte de los inversionistas, y el flujo denominado “compra de terreno” introducido en la ecuación 10.

$$TVO_t = TVO_{t-1} + \Delta t * (DT_{\Delta t} + CT_{\Delta t}) \quad \text{III.27}$$

$$TVO_{t=0} = 0 m^2$$

TVO: Terreno vendido [ $m^2$ ]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

DT: Demanda de Terreno [ $m^2$ /yr]

CT: Compra de Terreno [ $m^2$ /yr]

La ecuación 28 modela lo que hasta aquí se ha denominado “compra de terreno”. Se trata de un flujo auxiliar que permite experimentar cual sería el resultado de introducir una compra exógena al mercado.

$$CT = \%C * TI * IF(TIME = AC, 1, 0) \quad \text{III.28}$$

CT: Compra de Terreno [ $\text{m}^2/\text{yr}$ ]

%C: Porcentaje de compra sobre el terreno inicial [%]

TI: Terreno Inicial [ $\text{m}^2$ ]

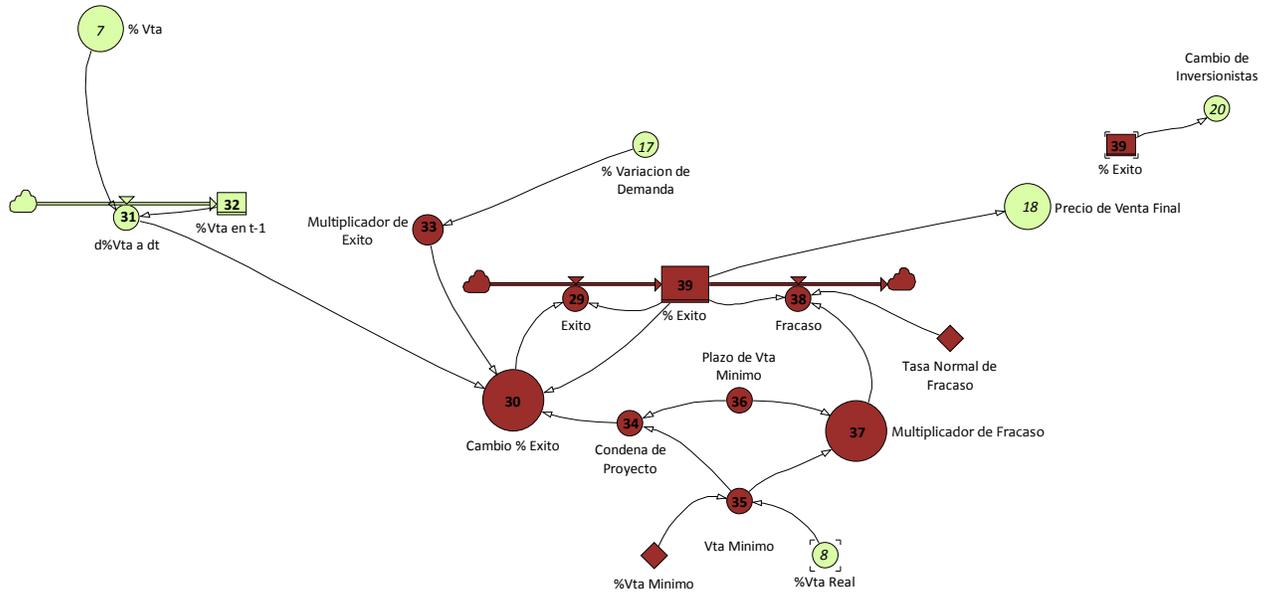
TIME: Tiempo de simulación [yr]

AC: Año en que se realizará la compra [yr]

Hasta aquí se ha introducido el sector que modela la demanda de terreno en el sistema. Esto permite explicar uno más de los lazos originalmente planteados: el lazo de pricing. Como se observó en la sección anterior, a medida que aumenta el porcentaje de venta aumenta el precio de venta del terreno puesto que se trata de un bien escaso. Tal como se modeló en la ecuación 13, el precio de venta del terreno impacta en la cantidad demandada a través de la incidencia del terreno en el costo del desarrollo inmobiliario, haciendo que la cantidad demandada disminuya. Adicionalmente, si este impacto en el spread de los inversionistas es mayor que el aumento es el precio de venta final por la disminución del riesgo, se producirá una disminución en el spread. La consecuencia inmediata es que la demanda se verá reducida por un flujo negativo hacia la constante de la función de producción. Ambos impactos negativos hacen que disminuya la cantidad demandada. El resultado es un loop balanceador que tiende a compensarse a medida que la utilidad se acerca a cero.

### E.3 Sector de Riesgo

Este sector es casi tan importante en el comportamiento del modelo como el sector de la demanda. El valor de la probabilidad de éxito del proyecto es una de las variables críticas del modelo, e incluso condiciona gran parte de la conducta del sector de demanda. La figura 17 muestra las variables del sector que modela el riesgo y las variables que lo interconectan con los demás sectores.



**Fig 17.** Extracto del Diagrama de Forrester del modelo, que representa al sector de Riesgo. En **negrita** se muestran las variables que se explican en esta sección, en *cursiva* se muestran las variables dependientes explicadas en otras secciones.

La primera de las ecuaciones de este sector, la ecuación 29, representa el flujo que incrementa la variable de estado “Probabilidad de Éxito”. Este flujo se modela de forma tal que sea igual al cambio en el probabilidad de éxito de la ecuación 30, excepto en el instante en que este cambio haga que la probabilidad sea superior a 1.

$$\Delta \%E = IF((CE * \Delta t) + \%E) > 100\%, \frac{100\% - \%E}{\Delta t}, CE) \quad \text{III.29}$$

$\Delta \%E$ : Variación en la probabilidad de éxito [%/yr]

CE: Aumento en la probabilidad de éxito del proyecto [%/yr]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

$\%E$ : Probabilidad de Éxito del Proyecto [%]

Forrester en su modelo de Dinámica Urbana, interpretó el comportamiento a lo largo del tiempo de diversas variables utilizando una simple hipótesis: las variables poseen una variación en condiciones normales, y esta variación “normal” es afectada por un multiplicador dependiente de las condiciones en distintas partes del sistema [Forrester, 1969]. Análogamente a la idea de Forrester, se propone aquí modelar la variación en la probabilidad de éxito de la siguiente forma. Tal como se observó en las Relaciones 8 y 13 durante la formulación del modelo, a medida que aumenta la porción de terreno vendida también debe hacerlo la probabilidad de éxito del proyecto. Por lo tanto, se propone

como “variación normal” de la probabilidad de éxito a la variación anual en la porción de tierra vendida. Esta variación normal está afectada por un multiplicador cuyo valor depende de la aceleración en la demanda. Es intuitivo suponer que a medida que la demanda se esté acelerando, la probabilidad de éxito debería crecer más de lo normal y viceversa. La ecuación 30 incluye además, el factor de condena de proyecto que será introducido más adelante en esta sección.

$$CE = \Delta\%V * ME * CP * IF(\% E \geq 100\%, 0,1) \quad \text{III.30}$$

CE: Aumento en la probabilidad de éxito del proyecto [%/yr]

$\Delta\%V$ : Variación en el porcentaje de venta [%/yr]

ME: Multiplicador de Éxito

CP: Condena de Proyecto

$\%E$ : Probabilidad de Éxito del Proyecto [%]

La ecuación 31 calcula la variación anual en el porcentaje de terreno vendido. Este valor servirá como “Tasa normal de cambio” en la ecuación 30.

$$\Delta\%V = \frac{\%V_t - \%V_{t-1}}{\Delta t} \quad \text{III.31}$$

$\Delta\%V$ : Variación en el porcentaje de venta [%/yr]

SR: Spread real [USD/m<sup>2</sup> Construidos]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

La ecuación 32 es un nivel auxiliar que simplemente acumula la variación en el porcentaje de venta de la ecuación 31 con el fin de conservar el valor del porcentaje de venta en t-1.

$$\%V_{t-1} = \%V_{t-2} + \Delta t * \Delta\%V \quad \text{III.32}$$

$$\%V_{t=0} = 0 \%$$

$\%V$ : Porcentaje de Venta [%]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

$\Delta\%V$ : Variación en el porcentaje de venta [%/yr]

La ecuación 33 representa el multiplicador de éxito. Se propone que el valor máximo del multiplicador sea 3, en el caso en que el cambio de la demanda sea igual o superior al 100% respecto del periodo anterior. A su vez, si la demanda llegare a desacelerar en un 50% o más respecto de su valor actual, el multiplicador adquirirá valor 0, por lo cual la probabilidad de éxito no crecerá en ese período. Por definición, si la demanda es constante, la probabilidad de éxito deberá crecer a la tasa normal, por lo cual el multiplicador adquiere el valor 1. Puesto que grande variaciones en la demanda deben tener mayores efectos sobre la variación en la probabilidad de éxito, se propone valores crecientes de la pendiente de la curva a medida que la aceleración se aleja del valor cero. Claramente la pendiente será positiva a valores positivos de la aceleración, excepto al llegar al valor umbral de 100% donde la pendiente se vuelve cero llegando al multiplicador límite de 3. En valores negativos de la aceleración, la pendiente debe ser negativa hasta alcanzar el 50% donde la pendiente tiende a cero nuevamente. La figura 18 muestra la curva del multiplicador de éxito generada con la lógica hasta aquí expuesta.

$$ME = GRAPH(\Delta Q\%, min, \Delta(\Delta Q\%), \{Tabla de Datos\}) \quad III.33$$

ME: Multiplicador de Éxito

$\Delta Q\%$ : Variación Porcentual en la Cantidad que maximiza el Beneficio

Min: Mínimo desde el cual se empieza a graficar la curva = -50%

$\Delta(\Delta Q\%)$ : Paso del grafico = 10%

Tabla de Datos: 0, 0.05, 0.3, 0.75, 0.95, 1, 1.1, 1.2, 1.4, 1.7, 2.1, 2.45, 2.7, 2.85, 2.95, 3,3

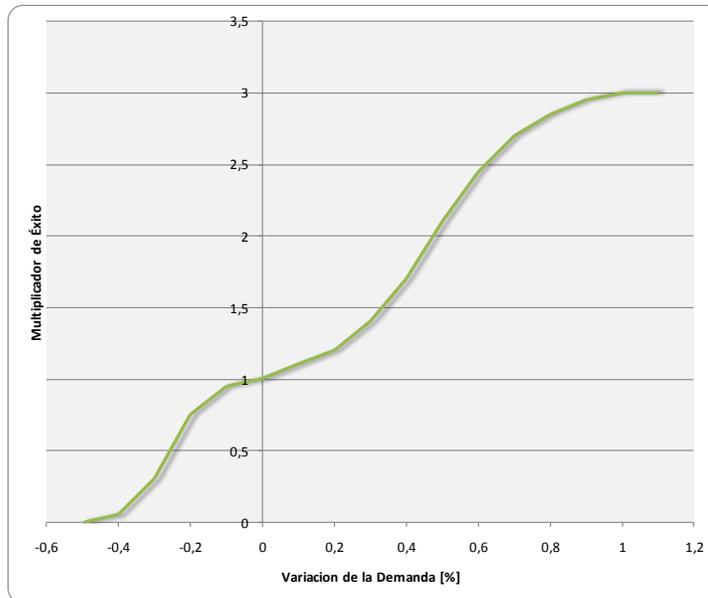


Fig 18. Multiplicador de Éxito

Las ecuaciones 34 a la 38 modelan el supuesto que se expuso en la Relación 12. La probabilidad de éxito no puede crecer indefinidamente. Tampoco puede ser la misma la probabilidad de éxito de un proyecto que se completa en 2 años que la de un proyecto que demora 30 años en completarse. Con el fin de introducir estas restricciones en el modelo, se plantea un plazo máximo en el cual se debe alcanzar un porcentaje mínimo de venta. Dadas las condiciones volátiles de índole política y económica que se viven con frecuencia en la Argentina, se estima que el plazo máximo que debe darse al proyecto para que entre en régimen, es un período gubernamental. Es decir, 4 años. Se propone que el porcentaje de venta mínimo que se alcance en ese período sea del 50% antes de que comience a disminuir la probabilidad de éxito del proyecto.

De forma similar al aumento en el éxito, se incluye un multiplicador de fracaso de forma tal que, cuantos más años transcurran desde que se ha cumplido el plazo máximo estipulado, mayor será el multiplicador sobre el valor normal. Finalmente, se permite que de alcanzar el porcentaje de venta mínimo una vez superado el plazo máximo establecido, se detenga la disminución en la probabilidad de éxito del proyecto. Sin embargo, al mismo tiempo se detiene el aumento de esta probabilidad. De esta forma se “castiga” al proyecto, condenándolo a una probabilidad de éxito menor al 100%. La ecuación 34 modela esta “condena del proyecto” a través de un binario cuyo valor es 1 siempre y cuando no se cumplan conjuntamente las condiciones de plazo máximo superado y porcentaje de venta mínimo alcanzado, en cuyo caso el valor de la variable es 0, condicionando entonces al multiplicador de éxito en la ecuación 30 a cero.

$$CP = IF(MPVMax > 0, IF(M\%VMin = 0, 0, 1), 1) \quad \text{III.34}$$

CP: Condena de Proyecto [Binario]

MPVMax: Multiplicador de Plazo de Venta Máximo

M%VMin: Multiplicador de Porcentaje de Venta Mínimo

La ecuación 35 representa el multiplicador de Porcentaje de Venta Mínimo. Al igual que la ecuación 34 se trata de una variable binaria. El multiplicador es 1 mientras no se haya alcanzado el porcentaje de venta mínimo, y pasa a ser 0 cuando se supera este valor. Esto condena automáticamente al Multiplicador de Fracaso en la ecuación 37 a un valor de 0.

$$M\%VMin = IF(\%Vta R \geq \%Vta Min, 0, 1) \quad \text{III.35}$$

M%VMin: Multiplicador de Porcentaje de Venta Mínimo [Binario]  
 %Vta R: Porcentaje de Venta Real [%]  
 %Vta Min: Porcentaje de Venta Mínimo = 50 %

La ecuación 36 representa al Multiplicador de Fracaso. El multiplicador parte desde cero en el año 0 de proyecto. A partir del cuarto año, propuesto como máximo para alcanzar el porcentaje de venta mínimo, el Multiplicador toma un valor de 1. A partir de allí, el multiplicador aumenta año a año con una pendiente creciente. Esto implica lógicamente, que cuanto más años transcurran sin alcanzar el porcentaje mínimo, mayor será el impacto sobre la probabilidad de éxito. Se asume un valor máximo de 6 para el multiplicador a partir del año 10 de proyecto sin alcanzar el porcentaje de venta mínimo. La figura 19 muestra la curva para el multiplicador de Fracaso.

$$MPVMax = GRAPH(\text{Year}(\text{Time}) - \text{Year}(\text{Starttime}), \text{min}, \Delta t, \{\text{Tabla de Datos}\}) \quad \text{III.36}$$

MF: Multiplicador de Fracaso  
 Year(Time): Año actual de la simulación [Yr]  
 Year(Starttime): Año inicial de la simulación [Yr]  
 Min: Mínimo desde el cual se empieza a graficar la curva = 0 [yr]  
 Δt: Paso del grafico = Diferencial de Tiempo de la Simulación = 1 [yr]  
 Tabla de Datos: 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1.2, 1.6, 2.2, 3, 4.2, 6

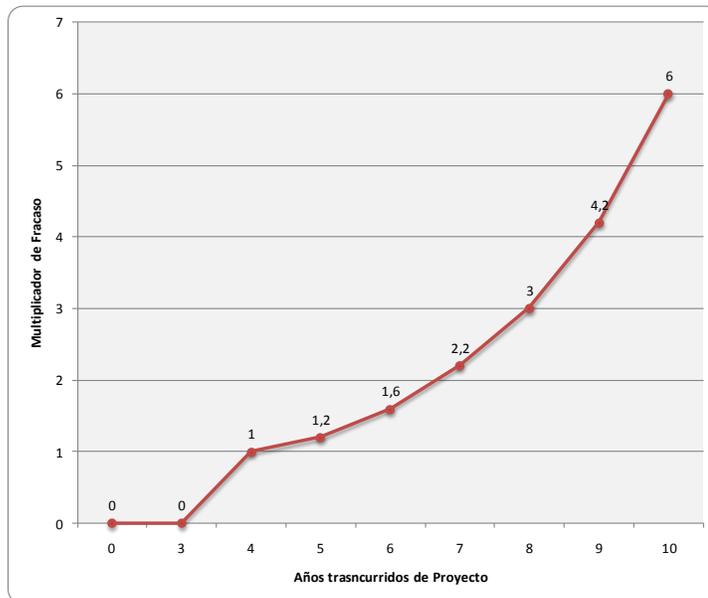


Fig 19. Multiplicador de Fracaso

La ecuación 37, simplemente combina los Multiplicadores de las ecuaciones 35 y 36, de forma tal que si se alcanza el porcentaje de venta mínimo y el Multiplicador de Porcentaje de Venta Mínimo pasa a ser 0, no continúe disminuyendo la probabilidad de éxito.

$$MF = MPVMax * M\%VMin \quad \text{III.37}$$

MF: Multiplicador de Fracaso

MPVMax: Multiplicador de Plazo de Venta Máximo

M%VMin: Multiplicador de Porcentaje de Venta Mínimo

La ecuación 38, representa el flujo que disminuye el valor de la probabilidad de éxito. De forma semejante a la ecuación 30, el multiplicador de fracaso de la ecuación 37 modifica la “Tasa normal de Fracaso” que se supone un 1% anual. La ecuación se modela de forma tal que la probabilidad de éxito no pueda ser menor que 0.

$$\Delta\%F = IF \left( (MF * TNF * \Delta t) > \%E, \frac{\%E}{\Delta t}, MF * TNF \right) \quad \text{III.38}$$

$\Delta\%F$ : Variación en la probabilidad de fracaso [%/yr]

MF: Multiplicador de Fracaso

TNF: Tasa Normal de Fracaso = 1 [%/yr]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

%E: Probabilidad de Éxito del Proyecto [%]

Finalmente, la última ecuación de modelo es quizás una de las variables más influyentes del sistema. La ecuación 39 acumula los flujos de éxito y fracaso para calcular la probabilidad de éxito del proyecto. Se decide suponer un valor inicial de 33% de probabilidad de éxito.

$$\%E_t = \%E_{t-1} + \Delta t * (\Delta\%E_{\Delta t} - \Delta\%F_{\Delta t}) \quad \text{III.39}$$

$$\%E_{t=0} = 33\%$$

%E: Probabilidad de Éxito del Proyecto [%]

$\Delta t$ : Diferencial de tiempo de la simulación = 1[yr]

$\Delta E F$ : Variación en la probabilidad de éxito [%/yr]

$\Delta\%F$ : Variación en la probabilidad de fracaso [%/yr]

Con la introducción del sector de Riesgo, queda completamente definido el modelo. Puede entonces terminarse de comprenderse la lógica de los últimos dos lazos de la figura 11. El comportamiento del lazo de riesgo es claramente reforzador: A medida que aumenta el terreno vendido, y crece por lo tanto el porcentaje de venta, aumenta en consecuencia la tasa normal a la que crece la probabilidad de éxito. Esta probabilidad afecta el precio de venta final del desarrollo a través de la ecuación 18. En consecuencia, a medida que crece la probabilidad de éxito, aumenta el precio de venta final y por lo tanto los inversionistas demandan más terreno porque encuentran al proyecto más atractivo. El resultado es una mayor demanda, y una evidente relación de refuerzo positiva.

El comportamiento del lazo de demanda es algo más complicado. La conducta de este lazo define el comportamiento de gran parte del sistema. La premisa central es que a medida que la demanda se acelera, el multiplicador de éxito se hace cada vez mayor, y por lo tanto la probabilidad de éxito aumenta, generando un spread mayor. Hasta aquí se explica el comportamiento reforzador. Sin embargo, si la demanda comienza a desacelerarse, ya sea porque la incidencia del terreno aumenta demasiado a través del lazo de pricing, o porque el multiplicador de fracaso ha aumentado demasiado; el multiplicador de éxito comienza a ser menor o igual que cero. Esto implica que cada año la probabilidad de éxito aumenta menos y por lo tanto la demanda continúa desacelerándose. Se explica así el comportamiento balanceador del lazo, y deja en evidencia la conducta dual que puede tomar esta relación dentro del modelo.

## *F. Resultados*

Esta sección introduce los resultados obtenidos a partir del modelo codificado según se presentó en la sección E. La simulación tiene un período de 30 años, tiempo que se considera como máximo para desarrollar el proyecto. Es cierto que económicamente el proyecto debe tener un repago que sea coherente con el dinero que los inversionistas invierten. Esto llevó a introducir en la conceptualización del modelo las condiciones de plazo máximo y porcentaje de venta mínima. Se busca modelar que el mercado inmobiliario comenzaría a adquirir unidades, generando un cash-flow positivo para los inversionistas, una vez que el porcentaje de venta del terreno alcance el 50%. Los inversionistas, por su parte, dadas las condiciones político-económicas de la Argentina estarían dispuestos a absorber hasta 4 años de cash-flow negativo.

### F.1 Resultados Iniciales

La primera corrida del modelo se realiza con los parámetros base propuestos en la Sección E donde se conceptualizó el modelo. La figura 20.a, b, c y d. muestra los resultados de esta primera corrida. Allí se grafican las principales variables que definen el comportamiento del modelo. Estas son: los 5 principales niveles, los drivers del sistema propuestos en la Sección B y las variables que condicionan los principales flujos del modelo.

En la figura 20.a se observa cómo el terreno disponible disminuye mientras el terreno en venta aumenta. En el año 7, la oferta alcanza un pico de 53 mil m<sup>2</sup> de terreno, impulsado por las variaciones en el precio del m<sup>2</sup> de terreno que pasa de 80 USD/m<sup>2</sup> a 256 USD/m<sup>2</sup>. Más del 30% de los habitantes del terreno están dispuestos a vender sus terrenos a esta altura. En el año 13 la incidencia de terreno alcanza un máximo de 300 USD/m<sup>2</sup>, valores similares a Barrios como Agronomía y Villa Pueyrredón. Se desprende de estos resultados, una importante revalorización de los territorios del asentamiento y esto se ve reflejando en el mercado, donde el 76% de los habitantes está dispuesto a ofertar su terreno.

Sin embargo, las curvas de demanda presentadas en las figuras 20.a y 20b reflejan que los inversionistas no confían en el éxito del proyecto. Durante los primeros 5 años la demanda se mantiene considerablemente estable, haciendo que el porcentaje de venta varíe al 1% anual. A medida que aumenta el porcentaje de venta, la incidencia de terreno aumenta teniendo dos efectos principales: el aumento en la oferta ya observado, pero a la vez un incremento en los costos para los inversionistas.

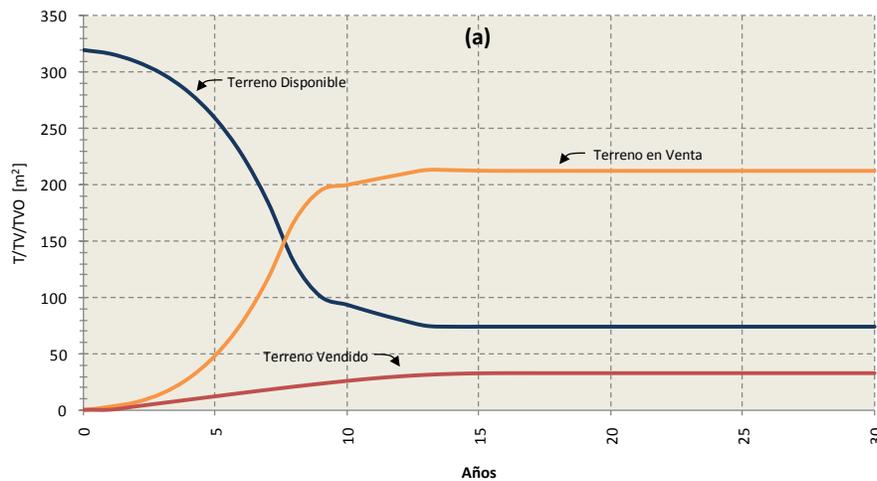


Fig 20. Primera Corrida

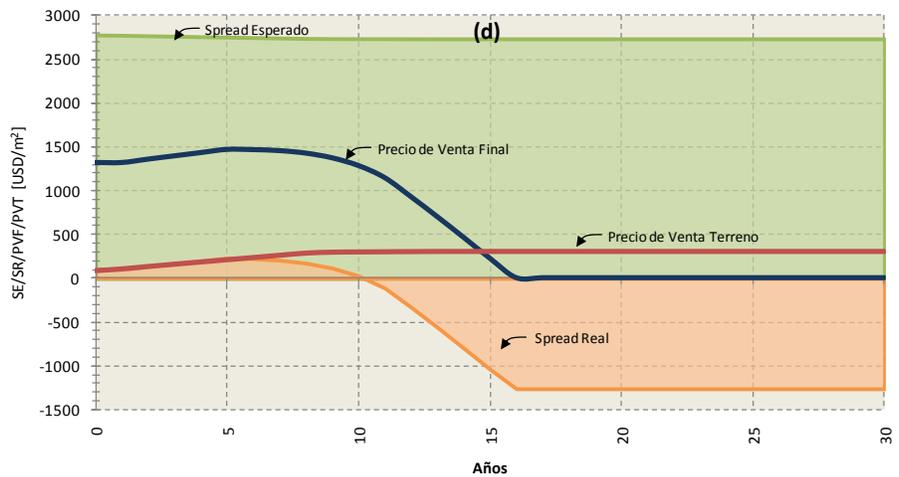
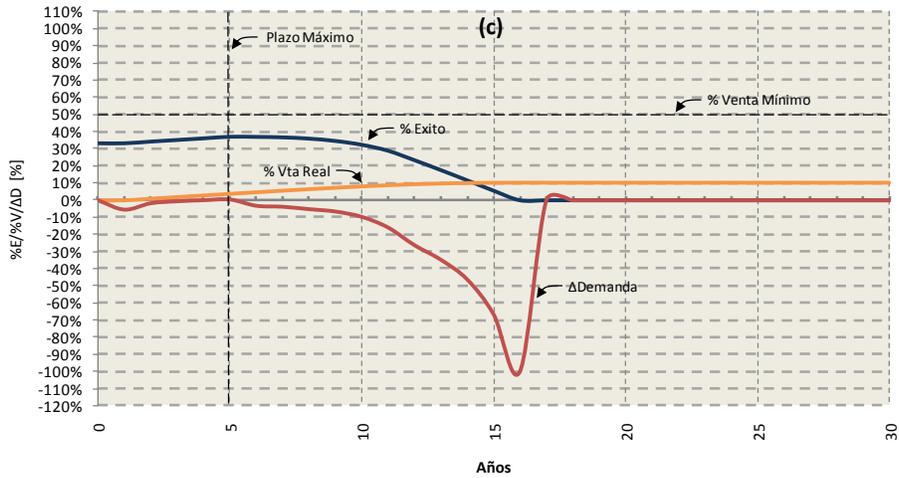
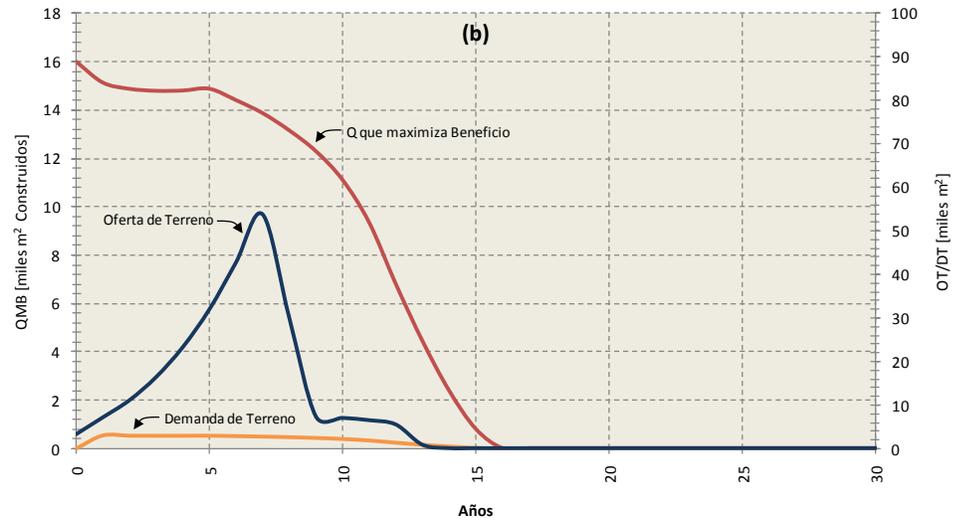


Fig 20 (cont.). Primera Corrida

La variable más influyente en el fracaso del proyecto es, paradójicamente, la probabilidad de éxito. La desaceleración en la demanda (excepto en el año 5, durante toda la simulación el  $\Delta$ Demanda se mantiene por debajo del 0%), hace que el multiplicador de éxito sea en la mayoría de los años menor o igual a 1. El resultado es un porcentaje de éxito que tiene una variación inferior a la normal (dada por la velocidad de cambio del porcentaje de venta de la ecuación 31). Como consecuencia, en el año 5 no se alcanza el porcentaje mínimo de venta del 50%. Se activa entonces el flujo de “fracaso” de la ecuación 38 que disminuye la probabilidad de éxito del proyecto. Conforme disminuye la probabilidad de éxito, que alcanza un máximo de solo 37% (4 pp más que su valor inicial) en el año 6, disminuye el precio de venta final según la ecuación 18. El resultado es un proyecto cada vez menos atractivo para los inversionistas: el spread esperado se mantiene ya que la incidencia de terreno no aumenta considerablemente, pero el spread real se desploma tomando valores negativos a partir del año 11. Los  $m^2$  de terreno demandado caen año a año hasta llegar a cero cuando la probabilidad de éxito del proyecto es nula.

Al final de la simulación, la porción de tierra vendida solo alcanza el 10% del terreno total disponible. Recordemos que el mínimo requerido en el año 5 era un 50%. Finalmente, del total de 76% de lotes ofrecidos al mercado, solo el 13% fueron adquiridos por los inversionistas. El fracaso está sustentado en que el porcentaje de éxito jamás es lo suficientemente alto para atraer la cantidad necesaria de inversores que permita alcanzar una masa crítica. El proyecto, en estas condiciones, resulta demasiado riesgoso aún para aquellos inversionistas propensos al riesgo.

## F.2 Evitar el fracaso

Está claro, a partir de los resultados presentados, que el modelo inicial del proyecto no resulta un éxito para los inversionistas. Lejos de eso, el proyecto es un rotundo fracaso. Sin embargo, desde el punto de vista de la Dinámica Urbana el modelo mostro la conducta que se pretendía observar. Las variables demuestran el comportamiento que se esperaría de ellas, dadas las relaciones establecidas en la sección E. Es evidente que el hecho de que no se alcanzara el porcentaje de éxito mínimo para garantizar el ingreso de un caudal mayor de inversores, ha condenado al modelo a una probabilidad de éxito final nula.

Es inevitable pensar entonces, como podría perturbarse al sistema para lograr que la probabilidad de éxito final del proyecto sea mayor que cero. Podrían modificarse los principales parámetros iniciales de forma tal de hallar la combinación que permitiera obtener un proyecto exitoso. Quizás esta no sea la solución más acertada, ya que cada uno de los parámetros tuvo un racional explicado en la Sección E por el cual es utilizado

como valor inicial del modelo. Cualquier modificación en estos parámetros debe ser justificable.

El principal candidato parecería ser el punto de equilibrio inicial de demanda y oferta. Tal como se presentó en la sección E, el equilibrio de mercado inicial se supone como un 1% del terreno. Luego de algunas iteraciones en el modelo se identifica que, recién a partir de un 3% del terreno inicial parametrizado como punto de partida de la simulación, se comienza a observar una probabilidad de éxito mayor que cero. Esto significa que inicialmente se estarían ofertando casi 10 mil. m<sup>2</sup> de terreno que serían demandados a unos 100 USD/m<sup>2</sup>. Si bien la condición no parece imposible, aparece como un punto de partida del modelo demasiado optimista. Aquí se pretende tener una posición más conservadora para comprender cuáles son las opciones en un escenario más pesimista de mercado.

La solución más viable, y que se encuentra en línea con los objetivos de encontrar soluciones combinadas a los problemas del uso del suelo (sección III.C), es la intervención del gobierno o de alguna entidad privada asistida financieramente por el estado, que realizará una inversión inicial en el terreno con el objetivo de impulsar el proyecto. Debe encontrarse entonces cuál es la porción mínima de terreno que debe adquirirse para que la probabilidad de éxito final comience a ser mayor que cero.

En la figura 21 se observa como la curva de probabilidad de éxito va alcanzando en cada instancia un máximo mayor. La clave está en el hecho de que a partir de la adquisición del 14% del terreno inicialmente disponible, se alcanza un punto clave: en la figura 21 puede verse que la probabilidad de éxito supera el 50% de probabilidad en el año 5. Esto significa que el proyecto pasa a ser más atractivo que el azar, por lo tanto ingresan los nuevos tipos de inversores: los seguidores. Con ellos la demanda crece considerablemente logrando así masa crítica, y por ende que el proyecto tenga una probabilidad de éxito final mayor a cero. El valor final de esta probabilidad es de 62%.

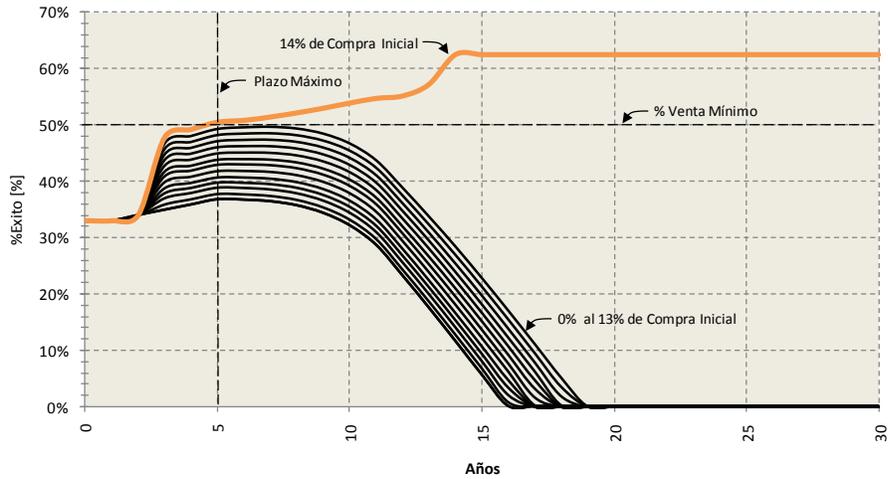


Fig 21. Porcentaje de éxito vs. Porcentaje de Compra Inicial

Las figuras 22.a, b, c y d muestran los resultados de la segunda corrida donde se ha supuesto una compra concentrada en el año 1 de proyecto correspondiente al 14% del valor inicial del terreno.

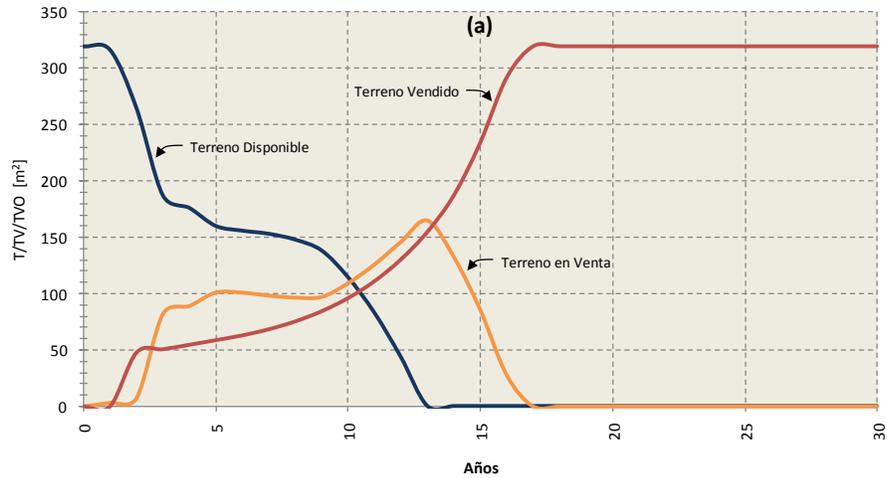


Fig 22. Segunda Corrida (+14% Compra Inicial)

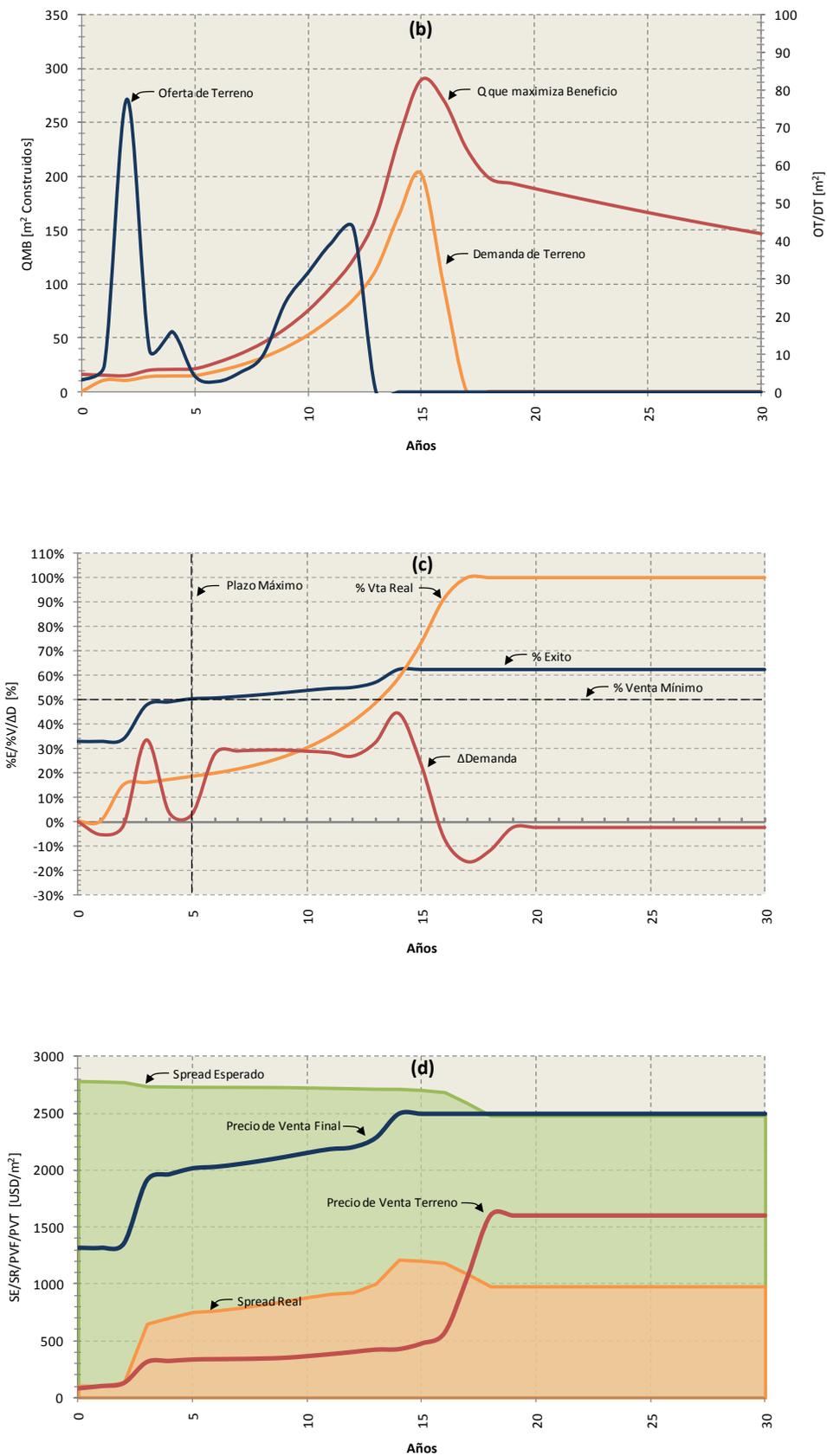


Fig 22 (cont.). Segunda Corrida (+14% Compra Inicial)

El panorama luego de esta segunda corrida del modelo es radicalmente distinto. El terreno total del asentamiento es ofrecido al mercado en un periodo de 13 años (Figura 22.a). La oferta muestra un marcado impulso en el año 2, tras la compra del 14% de terreno en el año 1, alcanzando un pico de 78 mil m<sup>2</sup> de terreno. Los habitantes son más propensos ahora a ofrecer sus propiedades al mercado. La incidencia del terreno alcanza en el año 16, 568 USD/m<sup>2</sup> con un 90% de la tierra vendida, valores que se asemejan a los barrios de Caballito o Micro-Centro. Hacia el final del proyecto la incidencia alcanza los 1600 USD/m<sup>2</sup>, monto que solo obtendrán los últimos habitantes en vender sus lotes. Esto demuestra que la revalorización de los inmuebles ha sido considerablemente mayor que lo observado en la primera corrida. Los habitantes han obtenido ganancias ampliamente mayores por vender sus tierras: en promedio, los terrenos se vendieron en 419 USD/m<sup>2</sup>, comparable con la incidencia de terreno en Barrios como Balvanera, Colegiales, Flores y Parque Centenario.

La demanda es suficiente esta vez para adquirir todos los lotes en el mercado. El desarrollo toma 17 años en alcanzar el 100% de venta del terreno. La explosión en la demanda ocurre alrededor del año 6 (Figura 22.b), cuando se ha superado el 50% de probabilidad de éxito y los inversores “seguidores” han comenzado a reemplazar paulatinamente a los inversores propensos al riesgo. En ese año, la aceleración de la demanda pasa del 3% anual al 28% anual. Sin embargo, el proyecto está condenado a no alcanzar el éxito. En el año 5, cuando se vio cumplido el plazo máximo, el porcentaje de venta alcanzaba solo el 18% del total del terreno (Figura 22.c). Esto activó el flujo de la ecuación 38, que desaceleró el crecimiento de la probabilidad de éxito.

La explosión observada en la demanda por el ingreso de los nuevos inversionistas, permite que el porcentaje de venta alcance el 50% en algún momento entre los años 13 y 14. Esto significa que el proyecto ha alcanzado el porcentaje mínimo requerido, pero en un plazo que excedió casi en 10 años lo requerido. El proyecto debe ser “multado” por esto, y a través de la ecuación 34 se condena al proyecto a una probabilidad de éxito máxima del 62% en el año 14. Esto tiene un impacto casi inmediato en la conducta del modelo, ya que congela el precio máximo de venta que los inversores obtendrán por el desarrollo. La consecuencia es una desaceleración inmediata de la demanda por terrenos, que pasa de +45% en el año 14 a -7% en el año 16.

El precio de venta final se ha visto congelado, pero dado que aún existe demanda y el porcentaje de venta sigue creciendo, el precio de venta del terreno continua aumentando. Esto significa que a partir del año 16, el spread comienza a disminuir respecto de su máximo (Figura 22.d). El resultado es un nuevo cambio en el perfil de inversores: los seguidores comienzan a abandonar el proyecto en busca de oportunidades con mayor

spread y algo más de riesgo, y son reemplazados por aquellos aversos al riesgo que prefieren un riesgo bajo o nulo (a los efectos prácticos la probabilidad de éxito es 1, aunque se aplica la condena del proyecto para “castigar” los resultados por no alcanzar el objetivo mínimo) y están dispuestos a renunciar ganancias a cambio. Es tarde, sin embargo, ya que solo restan 27 mil m<sup>2</sup> de terreno por vender. De existir una oferta ilimitada, estos inversionistas continuarían apostando al proyecto mientras que el spread que obtengan a cambio sea razonable.

El mayor impacto de la condena del proyecto, se ve reflejado en las ganancias obtenidas por los inversionistas. En la figura 22.d se observa que al comenzar el desarrollo estos esperaban un spread de 2784 USD/m<sup>2</sup>, con una disminución prevista hasta alcanzar los 2480 USD/m<sup>2</sup> hacia el final del proyecto por el aumento en la incidencia del terreno, con un precio de venta final de 4000 USD/m<sup>2</sup>, similar al Barrio de Puerto Madero. Dado que la probabilidad de éxito sólo alcanzó el 62%, el precio de venta final es de tan sólo 2500 USD/m<sup>2</sup>. Comparable con barrios como Belgrano, Palermo o Barrio Norte. Finalmente el spread real máximo alcanzó los 1200 USD/m<sup>2</sup>. En promedio, los inversores obtuvieron una ganancia de 1024 USD/m<sup>2</sup> (44% de margen bruto), valor considerablemente inferior a los 2716 USD/m<sup>2</sup> promedio (118% de margen bruto) esperados originalmente.

### F.3 La inversión

Los resultados observados en la segunda corrida, muestran que existe una viabilidad del proyecto. Es posible, teóricamente, convertir en un período de aproximadamente 17 años a este asentamiento en un barrio similar a Palermo o Barrio Norte, habiendo satisfecho primeramente las necesidades de todos los habitantes del mismo.

Es importante, sin embargo, detenerse en la factibilidad económica de este proyecto, y preguntarse quienes deben invertir, cuánto dinero, cuál será su retorno, etc. El objetivo es comprender si el proyecto es viable desde el punto de vista económico-financiero. La figura 23 presenta un resumen de estos datos.

Como ya se ha visto, los inversores de mayor riesgo ingresan junto con el gobierno en el primer año del proyecto. Con una inversión en terreno de 3.2 Mill. de dólares, adquieren el 4% de la superficie total. Invierten otros 84 Mill. en la construcción de 70 mil m<sup>2</sup> de edificios para comercializar. Si deciden vender al precio de mercado de cada año, obtienen una ganancia de 30 Mill. de USD, 26% de ROI. Si deciden esperar hasta que el proyecto alcance su precio de venta máximo, obtendrán un retorno del 50% sobre la misma inversión.

Inversores	Gobierno / GE	Risk Takers	Followers	Risk Averse	Total
Demanda de terreno [m <sup>2</sup> ]	44.800	14.087	175.552	85.561	320.000
% del total	14%	4%	55%	27%	100%
Construcción [m <sup>2</sup> ]	224.000	70.437	877.760	427.803	1.600.000
Inversión en terreno [Mil. USD]	USD 4.480	USD 3.241	USD 68.970	USD 43.226	USD 119.918
(a) Inversión total [Mil. USD]	USD 273.280	USD 87.766	USD 1.122.282	USD 556.590	USD 2.039.918
(b) Ventas Precio Mercado [Mil. USD]	USD 295.680	USD 118.641	USD 1.988.347	USD 1.069.141	USD 3.471.809
(c) Ventas Precio Max [Mil. USD]	USD 559.808	USD 176.032	USD 2.193.646	USD 1.069.141	USD 3.998.627
(d = b-a) Utilidad Bruta Min [Mil. USD]	USD 22.400	USD 30.875	USD 866.065	USD 512.552	USD 1.431.891
(d/b) ROI Bruto Min	8%	26%	44%	48%	41%
(e = c-a) Utilidad Bruta Max [Mil. USD]	USD 286.528	USD 88.266	USD 1.071.364	USD 512.552	USD 1.958.710
(e/c) ROI Bruto Max	51%	50%	49%	48%	49%
Año de ingreso	1	1	5	15	-

Fig 23. Perfiles de Inversores, inversión necesaria y Retornos.

El gobierno debe invertir aproximadamente 4.5 Mill. para adquirir el 14% de la tierra en el año 1. Aquí se supone que el estado no invertirá en construcción, ni tendrá un retorno sobre su inversión. Por lo que no tendría sentido calcular un retorno sobre la inversión. Sin embargo, si se tratase de un grupo económico que invierte inicialmente, se calcula que tendría un ROI mínimo del 8% y máximo del 51%. El retorno máximo de todo el proyecto, en recompensa por ayudar a obtener masa crítica.

Los seguidores son quizás los más exitosos en este proyecto, ya que invierten una vez superado el 50% de probabilidad de éxito. Adquieren el 55% de la superficie disponible, invirtiendo en ello casi 69 Mill. de dólares. A cambio reciben una baja variabilidad en su retorno, con un mínimo de 44% y un máximo de 49%.

Los inversores aversos al riesgo, obtienen retorno menor pero seguro, del 48%. Deben invertir 556 millones en terreno y construcción, pero obtienen aproximadamente 512 Mill. de ganancia. Solo llegan a adquirir el 27% del terreno por tratarse de un bien escaso.

En resumen, la inversión total en terreno es de 120 Mill. de USD, con una inversión posterior bruta de 1900 Mill. de dólares en construcción. Los retornos que se observan para cada uno de los inversores son coincidentes con lo que se esperaría ver en un proyecto. Aquellos que primero inviertan tendrán mayor riesgo (mayor variabilidad en el ROI), aunque serán quienes perciban los mayores retornos. Quienes sean últimos en invertir tendrán menor riesgo (variabilidad mínima en el ROI), pero los retornos serán menores. Otro detalle a observar es que a medida que transcurre el proyecto, una mayor proporción de la inversión total corresponde a la incidencia del terreno. Los primeros inversores tienen una proporción de 4 dólares cada 100 invertidos en el terreno. En los últimos inversores esta proporción se duplica llegando a 8 dólares cada 100 que corresponden a incidencia de terreno.

La figura 24 muestra como se distribuiría la construcción a lo largo del proyecto si la oferta fuera ilimitada y pudieran demandar sin restricciones los tres tipos de inversores.

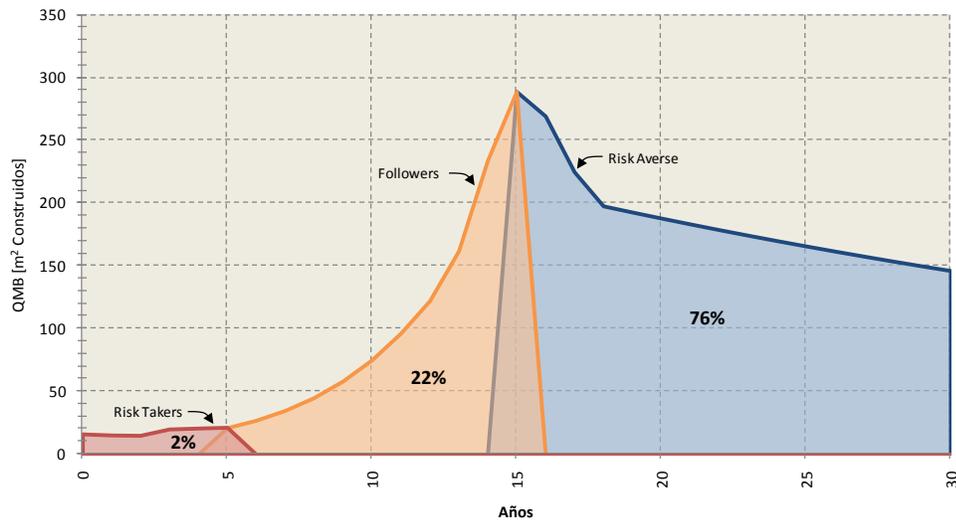


Fig 23. Evolución de Construcción por tipo de Inversor

La curva muestra la evolución que se esperaría en un proyecto de inversión, y que se ha discutido a lo largo de este trabajo. Una etapa inicial donde invierten los mas riesgosos, que representan un 2% del total, una etapa siguiente donde la demanda crece exponencialmente y que alcanza el 22% de la superficie construida, y finalmente una etapa de inversión con riesgo muy bajo y demanda decreciente que significa un 76% de la superficie total construida. La oferta de terreno en este proyecto concreto alcanza a cubrir hasta el año 17 de demanda y por esta razón los últimos inversores solo adquieren el 27% de la tierra, sin embargo una vez más el comportamiento del modelo es el esperado según las hipótesis y supuestos.

#### F.4 Alcanzar el éxito

Hasta aquí se ha explorado como evitar el fracaso del proyecto. Tal como se desprende de los resultados del modelo, es posible transformar un área cuyas condiciones de vida para los habitantes se encontraban lejos de lo óptimo, en una zona pujante dentro de la ciudad. Sin embargo, aún no se ha alcanzado el nivel máximo de éxito posible. Al principio de este capítulo se describía la potencialidad de esta zona como una de las más importantes de la ciudad. Esta sección se dedica a explorar que condiciones deben darse para que el proyecto alcance una probabilidad de 100% de éxito.

La figura 24, análogamente a la figura 21, busca explorar cual es la porción de tierra que debería adquirirse inicialmente y de forma exógena a la demanda simulada por el modelo.

Se observa claramente que al alcanzar el 14% de compra inicial, la probabilidad pasa inmediatamente de 0 al 62% observado en la segunda corrida. En este escenario, el porcentaje de venta en el plazo máximo de 5 años, apenas alcanza el 18%. Es interesante ver que a medida que aumenta la porción de tierra adquirida, el % de venta en el año 5 aumenta proporcionalmente.

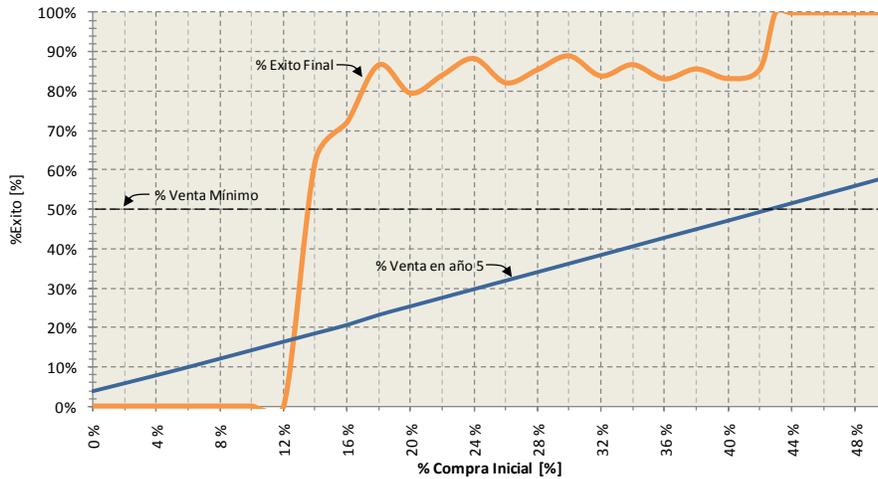


Fig 24. % Compra Inicial vs. % Venta Final

El comportamiento del éxito final conforme varía la compra inicial es interesante. A partir del 14% donde la probabilidad de éxito es mayor que cero, se observa un claro comportamiento oscilatorio que tiende a un valor de equilibrio de aproximadamente 84%. Sin embargo, cuando el éxito final está a punto de estabilizarse, el % de venta en el año 5 alcanza el mínimo requerido inicialmente de 50%, y por lo tanto el fracaso modelado en la ecuación 38 jamás se activa, permitiendo que el desarrollo alcance el 100% de probabilidad de éxito. Esto ocurre a partir de un 43% de compra inicial. El gobierno, o un grupo económico, deberían entonces hacerse cargo de la adquisición de casi la mitad del asentamiento. Este capítulo se centra en la importancia de los resultados, el capítulo siguiente explorará la factibilidad de esta propuesta.

Las figuras 25.a, b, c y d muestran los resultados de una tercera corrida donde la compra inicial en el año 1 se ha supuesto igual a un 43% del terreno total del asentamiento.

Esta vez el modelo se comporta de forma similar a lo ocurrido en la segunda corrida, pero los tiempos están acelerados y los volúmenes considerablemente elevados. La totalidad del terreno es ofrecido por los habitantes al mercado en tan solo 8 años, poco más de la mitad que en la corrida anterior.

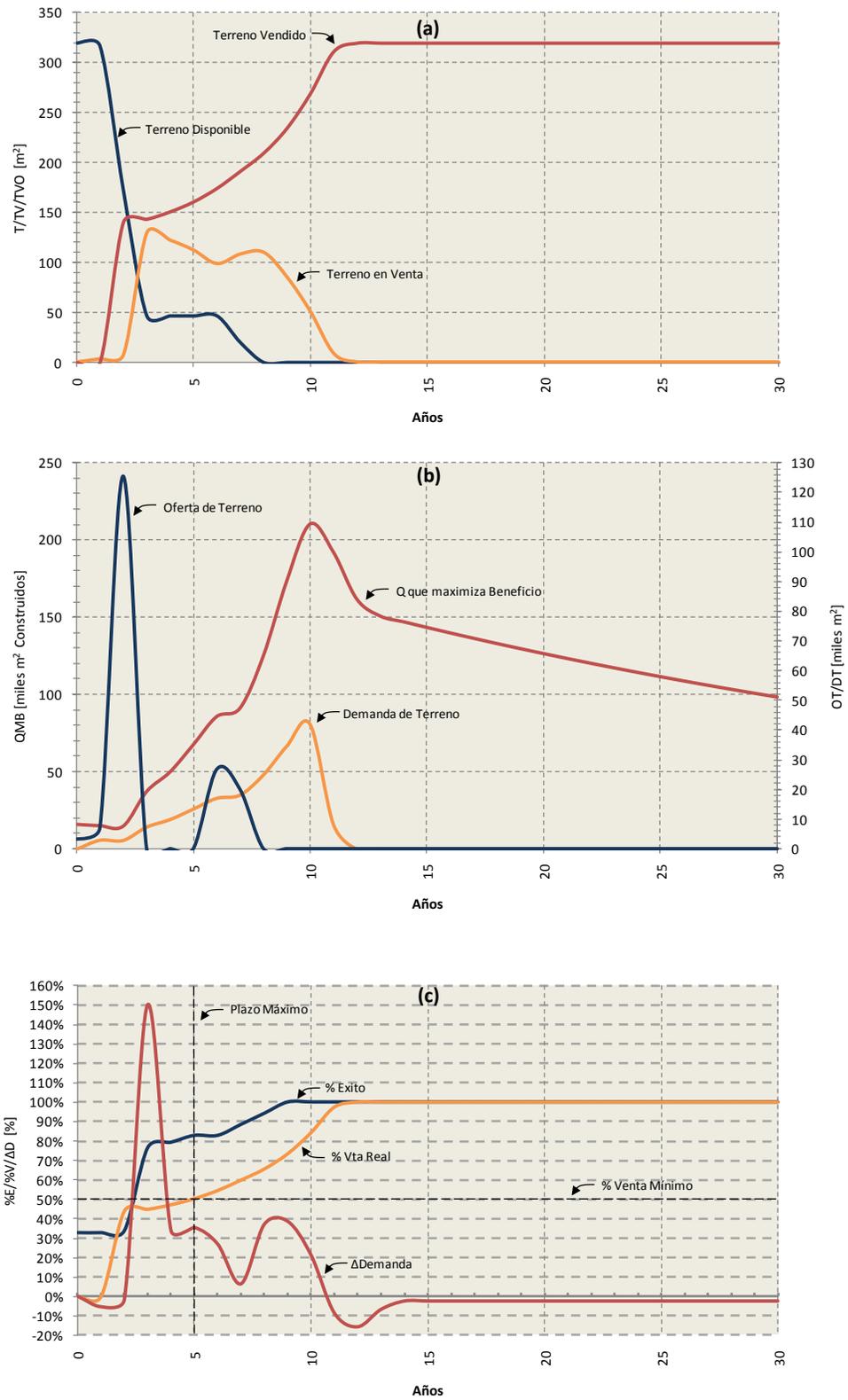


Fig 25. Tercera Corrida (+43% Compra Inicial)

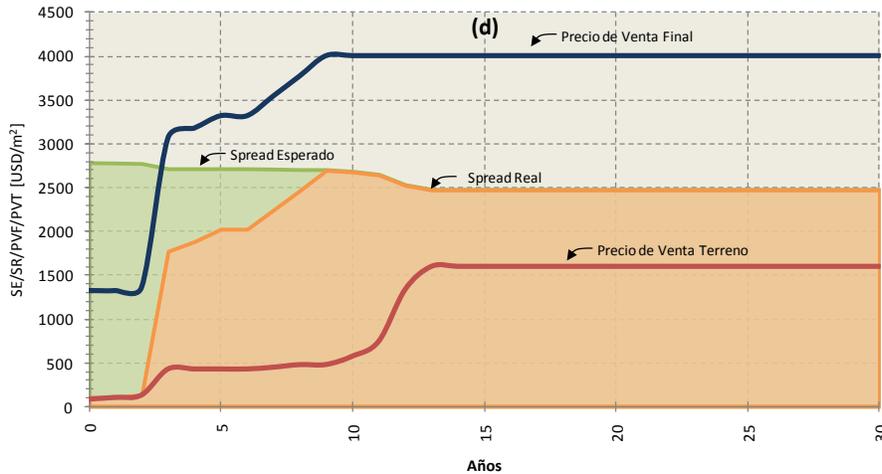


Fig 25 (cont.). Tercera Corrida (+43% Compra Inicial)

La oferta ocurre en dos etapas. En el año 2, luego de la compra concentrada de 137 mil  $m^2$  de tierra, la oferta explota alcanzado los 125 mil  $m^2$ . Luego se estanca, cuando se alcanza un precio de venta de 425 USD/ $m^2$  como lo indica la ecuación 6, hasta alcanzar el 50% de venta donde el precio vuelve a incrementarse. En el año 11 con un 97% de la tierra vendida, la incidencia de terreno alcanza los 743 USD/ $m^2$ , comparable con barrios como Belgrano y Palermo. En promedio, los habitantes obtienen 481 USD por cada  $m^2$  vendido, 15% más que lo obtenido en la segunda corrida. Esta vez los valores se asemejan a barrios en pleno auge de la Ciudad como Villa Devoto y Villa Urquiza.

El proyecto toma ahora 12 años en agotar el terreno ofertado, 5 años menos que la corrida anterior. La demanda comienza a crecer exponencialmente con el ingreso de los inversores seguidores en el año 3, cuando la probabilidad salta de 34% antes de la compra inicial a 77% luego de la compra. El efecto positivo que posee la importante inversión, es un voto de confianza para los inversores, y permite que el proyecto alcance masa crítica rápidamente. Recuérdese que el ingreso de estos inversores fue en el año 6 en la corrida anterior. La demanda se incrementa hasta alcanzar un pico de 42 mil  $m^2$  en el año 10.

Tal como se observó en la corrida anterior, una vez que se alcanza la probabilidad máxima y el precio de venta final se estanca, la demanda comienza a decaer. Esto ocurre a partir del año 11. La probabilidad de éxito ha logrado alcanzar el 100% en el año 9, dado que en el año 5 el porcentaje de venta real era levemente superior al 50% superando el mínimo impuesto. Alcanzado el máximo posible, el precio de venta final se estanca en su máximo de 4000 USD/ $m^2$ , logrando valores similares a Puerto Madero. Sin embargo, al continuar la demanda de terreno, el porcentaje de venta continúa aumentando. Esto hace que la incidencia de terreno aumente y se reduzca el spread, tal como se observa en la figura 25.d, a partir del año 10. Esto desencadena el ingreso de los nuevos inversionistas en el

proyecto, con una caída en la aceleración de la demanda de +39% a – 9%, aunque esta demanda solo podrá ser suplida durante 2 años cuando el terreno a la venta llegue a cero en el año 12.

En esta ocasión no se observa un impacto sobre el spread real obtenido, puesto que la probabilidad de éxito alcanza el 100%. Hacia el año 9, el spread esperado iguala al spread real alcanzando los 2480 USD/m<sup>2</sup>. En promedio, los inversionistas obtienen un spread de 2340 USD/m<sup>2</sup>, un considerable 128% superior a lo obtenido por los inversionistas en la corrida anterior. El margen bruto resulta entonces de 64%, comparado con el 44% obtenido antes.

Variable	2da Corrida	3era Corrida	$\Delta$
Compra Inicial [%]	14%	43%	207%
Terreno Disponible al 0% [año]	13	8	-38%
Incidencia Promedio [USD/m <sup>2</sup> ]	419	482	15%
% Venta en año 5 [%]	18%	50%	173%
Terreno en Venta al 0% [año]	17	12	-29%
Éxito Final [%]	62%	100%	60%
Precio de Venta Final [USD/m <sup>2</sup> ]	2499	4000	60%
Spread Maximo [USD/m <sup>2</sup> ]	1214	2705	123%
Spread Promedio [USD/m <sup>2</sup> ]	1024	2340	128%
Margen Bruto Promedio [%]	44%	64%	45%

Fig 26. Variables críticas Segunda Corrida vs Tercera Corrida

La figura 27, análogamente a la figura 23, muestra los perfiles y necesidades de inversión en esta corrida.

En este caso, quienes absorben la mayor parte del riesgo no son los inversionistas iniciales, sino el gobierno (o grupo de empresas) que realiza la compra inicial de 137 mil m<sup>2</sup>. El riesgo en este caso es mayor para estos inversores ya que la diferencia entre el ROI máximo y mínimo es mayor (63 pp. Vs 44 pp.), sin embargo el ROI máximo es considerablemente mayor alcanzando el 69%.

Es cierto también, que al alcanzar masa crítica más rápidamente y con una probabilidad de éxito mayor, los siguientes inversores en ingresar al proyecto no solo ven disminuido el riesgo ( $\Delta$ ROI 3pp. Vs 5pp) sino que además obtienen un mayor retorno por su inversión (68% vs 49%). Aquellos aversos al riesgo que ingresan últimos al pool de inversores, no solo obtienen riesgo prácticamente nulo sino también un retorno mayor (67% vs 48%).

Inversores	Gobierno / GE	Risk Takers	Followers	Risk Averse	Total
Demanda de terreno [m <sup>2</sup> ]	137.600	6.001	126.017	50.382	320.000
% del total	43%	2%	39%	16%	100%
Construcción [m <sup>2</sup> ]	688.000	30.006	630.085	251.909	1.600.000
Inversión en terreno [Mil. USD]	USD 29.930	USD 682	USD 56.968	USD 30.238	USD 117.818
(a) Inversión total [Mil. USD]	USD 855.530	USD 36.689	USD 813.070	USD 332.528	USD 2.037.818
(b) Ventas Precio Mercado [Mil. USD]	USD 908.160	USD 40.187	USD 2.268.396	USD 1.007.635	USD 4.224.378
(c) Ventas Precio Max [Mil. USD]	USD 2.752.000	USD 120.024	USD 2.520.340	USD 1.007.635	USD 6.400.000
(d = b-a) Utilidad Bruta Min [Mil. USD]	USD 52.630	USD 3.497	USD 1.455.325	USD 675.107	USD 2.186.560
(d/b) ROI Bruto Min	6%	9%	64%	67%	52%
(e = c-a) Utilidad Bruta Max [Mil. USD]	USD 1.896.470	USD 83.335	USD 1.707.270	USD 675.107	USD 4.362.182
(e/c) ROI Bruto Max	69%	69%	68%	67%	68%
Año de ingreso	1	1	3	10	-

Fig 27. Perfiles de Inversores, inversión necesaria y Retornos.

Dado que el encargado de realizar la compra inicial es quien absorbe la mayor parte del riesgo y la inversión, el resto de los inversionistas deben invertir menos dinero para obtener un retorno mayor. La inversión promedio fue un 33% menor (1182 Mill. USD vs 1766 Mill. USD), obteniendo un retorno promedio 50% superior (2134 Mill. USD vs 1409 Mill USD). No obstante, la proporción de inversión en tierra fue mayor en este escenario, dado que el empuje inicial de la compra aumentó la incidencia de terreno. Esta proporción alcanza ahora el 7,4% de la inversión total, siendo antes solo un 6,5%.

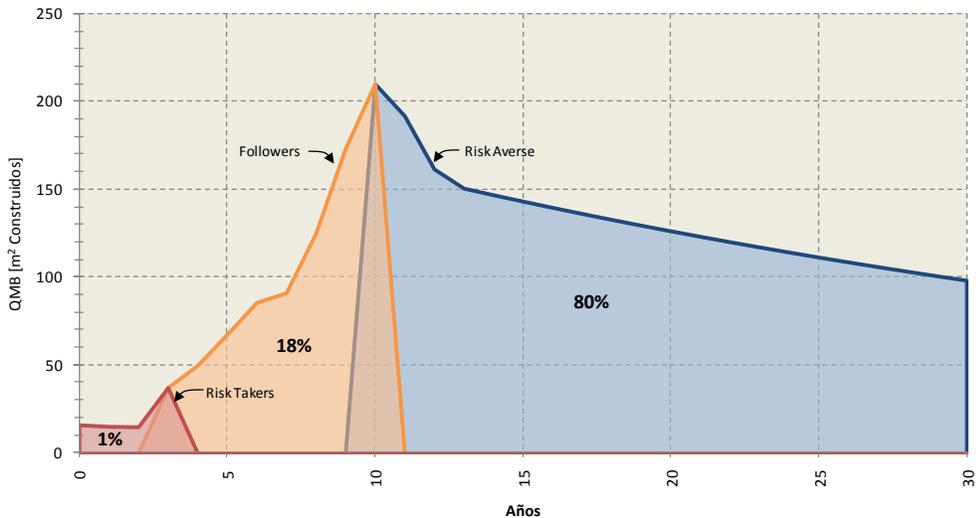


Fig 28. Evolución de Construcción por tipo de Inversor

Si bien el perfil de la curva de inversión es similar a lo observado en la segunda corrida, la proporción y transiciones han sufrido modificaciones. Los inversores riesgosos son responsables solo del 1% de la construcción en este escenario, dando paso en el año 3 a los seguidores quienes invierten cerca del 18% de la construcción. El spread comienza a caer una vez que se estanca el precio de venta final, y esto sucede en el año 10. Por lo

tanto la proporción de inversión de aquellos con aversión al riesgo es mayor, alcanzando en este caso el 80% de la superficie construida.

La figura 29 muestra un resumen de los perfiles de inversión en ambos escenarios.

Variable	2da Corrida	3era Corrida	$\Delta$
<b>Comprador inicial</b>			
Compra Inicial [%]	14%	43%	29 pp
Inversion Total [Mil. USD]	USD 273.280	USD 855.530	213%
% de Inversion en Terreno [%]	2%	3%	2 pp
Utilidad Max [USD/m <sup>2</sup> ]	USD 1.279	USD 2.756	115%
ROI MAX [%]	51%	69%	18 pp
$\Delta$ ROI (ROI MAX - ROI MIN) [pp]	44%	63%	20 pp
Año de Ingreso	1	1	-
<b>Risk Takers</b>			
% de Terreno [%]	4%	2%	-3 pp
Inversion Total [Mil. USD]	USD 87.766	USD 36.689	-58%
% de Inversion en Terreno [%]	4%	2%	-2 pp
Utilidad Max [USD/m <sup>2</sup> ]	USD 1.253	USD 2.777	122%
ROI MAX [%]	50%	69%	19 pp
$\Delta$ ROI (ROI MAX - ROI MIN) [pp]	24%	61%	37 pp
Año de Ingreso	1	1	-
<b>Followers</b>			
% de Terreno [%]	55%	39%	-15 pp
Inversion Total [Mil. USD]	USD 1.122.282	USD 813.070	-28%
% de Inversion en Terreno [%]	6%	7%	1 pp
Utilidad Max [USD/m <sup>2</sup> ]	USD 1.221	USD 2.710	122%
ROI MAX [%]	49%	68%	19 pp
$\Delta$ ROI (ROI MAX - ROI MIN) [pp]	5%	4%	-2 pp
Año de Ingreso	5	3	-2
<b>Risk Averse</b>			
% de Terreno [%]	27%	16%	-11 pp
Inversion Total [Mil. USD]	USD 556.590	USD 332.528	-40%
% de Inversion en Terreno [%]	8%	9%	1 pp
Utilidad Max [USD/m <sup>2</sup> ]	USD 1.198	USD 2.680	124%
ROI MAX [%]	48%	67%	19 pp
$\Delta$ ROI (ROI MAX - ROI MIN) [pp]	0%	0%	0 pp
Año de Ingreso	15	10	-5

Fig 29. Perfiles de Inversión Segunda Corrida Vs Tercera Corrida

Es evidente que no solo han sido beneficiados los habitantes del terreno quienes, como ya se ha expuesto, han recibido un mayor valor por su tierra. Asimismo, los inversores han recibido mayores retornos con inversiones menores. El inversor inicial, sin embargo, ha tenido que triplicar sus aportes al proyecto para que esto sucediera, absorbiendo con ello un mayor riesgo. Pero obteniendo a cambio un mayor retorno para sí, y el resto de los actores en el sistema.

### F.5 *La Interacción de los lazos*

Hasta aquí se han discutido los resultados de cada una de las corridas realizadas, pero solo se han presentado explicaciones aisladas de la conducta del modelo. La presente sección se propone explicar la predominancia de cada uno de los lazos dentro del modelo y su efecto sobre la conducta del mismo.

En las tres corridas del modelo presentadas en este trabajo, puede identificarse que el primer lazo en desencadenarse y predominar es el lazo de la oferta. Una vez disparada la demanda inicial, el precio del terreno comienza a aumentar y la alta elasticidad de oferta de las viviendas hace que la variable terreno disponible disminuya rápidamente. Sin embargo, una vez vaciado este nivel, el lazo de la oferta ya no posee una influencia predominante en la conducta del modelo.

Tal como se observó en la Sección F.1, la primera corrida fracasa por que el porcentaje de éxito no logra alcanzar el 50% antes de que se active el fracaso del proyecto. Es entonces el lazo de riesgo el determinante en este caso ya que al no dispararse la demanda, se activa el fracaso del proyecto, y la probabilidad de éxito disminuye hasta cero. Aquí el lazo de demanda no posee casi influencia sobre la conducta del modelo, ya que el  $\Delta$ Demanda no es significativo. Se revela aquí la característica de lazo de refuerzo negativo, puesto que al disminuir la demanda, el multiplicador se vuelve menor que uno, reforzando de esta forma el fracaso del proyecto. Tampoco tiene influencia en esta corrida el lazo de pricing, ya que, como se observa en la figura 20.d, la variación en la incidencia de terreno es mínima.

La Sección F.2 expuso el hecho de que, para evitar el fracaso, debía alcanzarse el 50% de éxito para desatar la llegada de nuevo inversores antes de que se active el fracaso del proyecto. Alcanzado el 50% de probabilidad de éxito, el lazo de demanda se vuelve predominante en la conducta del modelo como lazo de refuerzo positivo, alimentando el crecimiento exponencial de la demanda. Sin embargo, puesto que no se ha cumplido la condición de porcentaje de venta mínimo en el plazo máximo, el lazo de riesgo aún actuando (aunque no de forma predominante) hace que se condene el proyecto a una probabilidad máxima. El estancamiento de esta probabilidad afecta directamente al cambio en el precio de venta final, deteniendo por completo la conducta reforzadora del lazo de demanda. Comienza entonces el predominio del lazo balanceador de pricing ya que al estabilizarse el precio de venta, a medida que la demanda continua, la incidencia de terreno aumenta, aumentando los costos para los desarrolladores y disminuyendo por lo tanto la demanda.

Finalmente, en la Sección F.4 se presentan las condiciones que deben darse para que el proyecto alcance el éxito. La conclusión es que debe alcanzarse al menos el 50% de venta en el plazo máximo, de forma de evitar la activación del fracaso que condene al proyecto a una probabilidad de éxito máxima. Esto significa que, si bien continuará actuando, el lazo de riesgo no alcanza a tomar una conducta predominante en el modelo. Por lo tanto, es el lazo de demanda que adopta el carácter predominante que condiciona la conducta del modelo. Tomando un comportamiento reforzador, desencadena el crecimiento exponencial de la demanda hasta que la probabilidad de éxito alcanza el 100%. Entonces, al igual que en la segunda corrida, es el lazo de pricing que condiciona la conducta del modelo, de forma tal que disminuye la demanda conforme se reduce el spread obtenido por los inversores.

### G. Validez del Modelo

Es tedioso y difícil lograr validez estadística de cualquier modelo complejo de dinámica de sistemas. Incluso Forrester, al crear su modelo en “Urban Dynamics”, alerta al lector sobre la dificultad de emprender el camino de la validación estadística. Forrester propone una metodología alternativa consistente en varias etapas: los supuestos básicos pueden ser contrastados contra la experticia y datos disponibles. El comportamiento dinámico del modelo puede ser comparado contra el sistema real que debe representar. Alteraciones en el modelo pueden relacionarse con cambios similares que hayan ocurrido en la realidad. [Forrester, 1961, 1968].

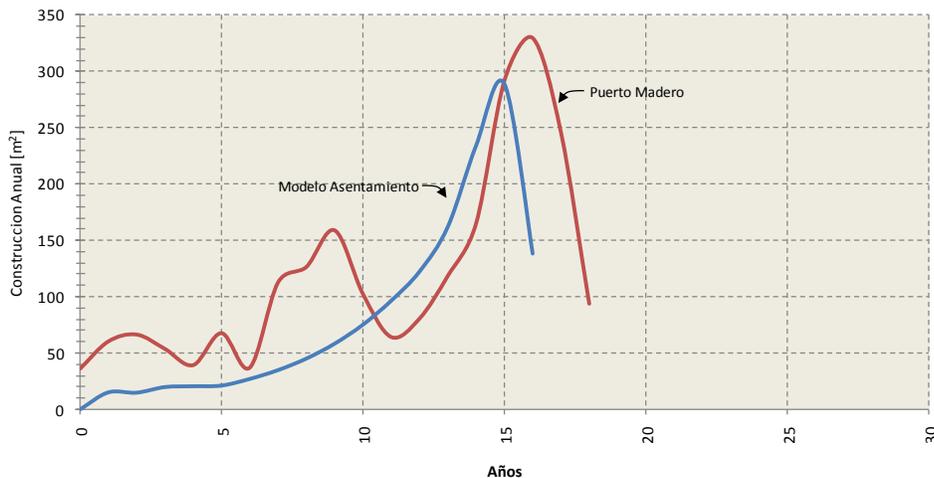
Hasta aquí se ha cumplido la primera etapa que propone Forrester, ya que los supuestos y parámetros básicos han sido contrastados contra la experiencia y datos disponibles durante la formulación del modelo. Sin embargo, aún no se ha comparado la conducta dinámica del modelo contra el sistema real que debe representar. Lamentablemente no existen datos del sistema real que el modelo de venta de asentamiento representa, ya que se trata de una hipótesis de solución a un problema.

Existen en cambio datos disponibles de sistemas similares, principalmente de Puerto Madero. El desarrollo de esta antigua zona portuaria de la Ciudad comenzó en 1992. Se destinaron 390 mil m<sup>2</sup> de tierra a la construcción de edificios. Actualmente, la disponibilidad de lotes para construcción es prácticamente nula y la totalidad de m<sup>2</sup> construidos alcanza los 2250 mil m<sup>2</sup>. Eso resulta en un FOT promedio de 5,7.

La figura 30 muestra los datos reales de la evolución de construcción anual en m<sup>2</sup> en Puerto Madero, y la Demanda de Terreno en m<sup>2</sup> construidos obtenida del modelo de venta del asentamiento en la segunda corrida del modelo. Es muy interesante ver la

similitud en el comportamiento de ambas curvas. En la curva de Puerto Madero, 1992 se considera el año cero. Si bien la curva del modelo parte desde cero porque aun la oferta no alcanza a suplir la demanda, ambas curvas se mantienen relativamente estables durante los primeros 5 años. Tanto la construcción en Puerto Madero como en el modelo, presentan una explosión en su volumen cerca del año 6 del desarrollo. La construcción crece exponencialmente a medida que disminuye el riesgo del proyecto y aumenta el precio de venta final. En el año 10 de la curva de Puerto Madero se observa una considerable merma en la demanda, esto se debe a la crisis económica sufrida en el país durante los años 2000 a 2004. La devaluación del peso argentino afecta los costos de construcción y dispara la incertidumbre, lo cual paraliza las inversiones. Hacia 2005, las condiciones socio-económicas comienzan a estabilizarse y se observa una recuperación del crecimiento exponencial.

Ambas curvas alcanzan un máximo cuando el precio de venta final del proyecto se estanca y los costos comienzan a disminuir el spread. Puerto madero alcanzo su pico de construcción en el año 2008, año 16 del desarrollo con 330 mil m<sup>2</sup> construidos. El máximo predicho por el modelo se da en el año 15 con 289 mil m<sup>2</sup> construidos. A medida que disminuye la disponibilidad de lotes, dado que la tierra es un bien escaso, la demanda real disminuye por falta de oferta. La incidencia de terreno aumenta marcadamente, y el spread se reduce aún mas disminuyendo la demanda.



**Fig 30.** Construcción Real en Puerto Madero. Demanda de Terreno en m<sup>2</sup> construidos en el "Modelo de venta del Asentamiento". Fuente: Corporación Antiguo Puerto Madero.

Tanto en los datos reales de Puerto Madero como en las predicciones del modelo, se observa un comportamiento de la curva de demanda similar. Además puede apreciarse que tanto el modelo como el sistema, comparten ordenes de magnitud y valores similares

en cuanto al volumen de metros cuadrados construidos, teniendo en cuenta que la superficie construible de ambos desarrollos es comparable ( $0,39 \text{ Km}^2$  vs  $0,32 \text{ Km}^2$ ) y el FOT promedio del modelo ha sido supuesto similar al de Puerto Madero. El patrón creado por los tres tipos de inversores, con una demanda inicial estable, un aumento exponencial y luego una caída pronunciada cuando ya no queda terreno disponible; es completamente válido según puede contrastarse en los datos. No existen, lamentablemente, datos estadísticos que permitan contrastar los resultados de inversión y retornos.

#### H. Conclusiones

El modelo claramente se ha comportado según lo esperado. Incluso sus resultados coinciden en gran medida con los datos reales (Sección G) de un caso similar como es el de Puerto Madero, que paso de ser un puerto abandonado a la zona inmobiliaria de mayor valor de la ciudad.

Los resultados son concluyentes: es necesario que el Gobierno tome parte activa en el emprendimiento, de lo contrario estará condenado al fracaso tal como se observo en la primera corrida. Pero ésta era quizás una conclusión esperable. No puede pretenderse que el proyecto resulte exitoso sin el respaldo político y económico que los inversores requieren dado el riesgo que este tipo de proyectos conlleva.

El modelo estima una inversión en terreno cercana a las 120 Mill. de dólares. Esto significa que cada familia recibiría en promedio unos 15.000 USD (7950 hogares según el censo), cifra cercana a los 60.000 ARS. Muy superior a la subsidios que ofrece hoy el Gobierno de la Ciudad para la re-locación de habitantes de asentamientos informales. Con este dinero, las familias podrían mejorar considerablemente su calidad de vida y condición habitacional. Una opción podría ser la adquisición de terrenos y la construcción de hogares (con asistencia financiera, pero no económica) en zonas previamente urbanizadas por el gobierno, donde los habitantes posean acceso a todos los servicios básicos. Esto tendría un impacto real en sus condiciones de vida.

La inversión total en el desarrollo inmobiliario, rondaría los 2.000 mill. de dólares. Con estos valores, es evidente que el gobierno no puede embarcarse solo en un proyecto de este tipo. Necesita de los inversores privados. Pero éstos a su vez dependen del Gobierno para que dé un puntapié inicial que permita alcanzar masa crítica. La sinergia de ambos sectores, logra la simbiosis necesaria para hacer que el proyecto funcione.

La diferencia entre que “el proyecto funcione” y que “el proyecto sea un éxito”, es de unos 2300 millones de dólares en utilidades, cifra lejos de ser despreciable. La clave para

lograr el éxito (tercera corrida) está en la inversión inicial. No es necesario, sin embargo, que esta inversión sea realizada exclusivamente por el Gobierno. Por supuesto que éste invertirá para luego desarrollar espacios públicos, edificios de servicio y gubernamentales y para dar su apoyo al proyecto. Pero la fracción restante de la inversión inicial, que alcanza los 30 millones solo en incidencia de terreno, es muy factible que pueda ser realizada por una entidad (o grupo de entidades) privada. Quizás el respaldo del gobierno sirva como aval suficiente (aunque retornos del orden del 70% son sumamente atractivos) para que algún Grupo Económico se proponga dar el empuje necesario al proyecto para que sea exitoso.

Una alternativa, presentada en el Anexo I, es la posibilidad de adquirir solo el 24% de la tierra inicialmente, ya que como se observa en la figura 24, este valor permite alcanzar un valor de probabilidad de éxito aproximado al de equilibrio. Las inversiones son menores, pero también los son los retornos. Debe ponderarse la decisión del gobierno de cuanto invertir, o si podrá encontrar un socio privado que permita que el proyecto alcance su potencial máximo.

El modelo evidencia que, dadas las condiciones óptimas, es posible que un asentamiento de condiciones similares a las de la villa 31 pueda convertirse en un periodo de 12 a 17 años, en un desarrollo inmobiliario de 6.000 millones de dólares, con una inversión de unos 2.000 millones de dólares en terreno y construcción. Los habitantes obtendrían a cambio una mejora considerable en sus condiciones de vida, sin mencionar las retribuciones económicas, y por supuesto la inclusión en el sistema formal de la Ciudad.

## IV. CONCLUSIONES FINALES Y REFLEXIONES

Se ha discutido en este trabajo cuales son los actuales problemas de las grandes ciudades, y cómo estos problemas se verán potenciados en el futuro por el crecimiento poblacional a nivel mundial. Hemos visto como las estadísticas y proyecciones indican la tendencia creciente de estas dificultades, especialmente en las zonas menos desarrolladas del mundo que cuentan con menos herramientas y recursos para actuar frente a ellos. Es evidente la necesidad de proponer soluciones proactivas, principalmente en estas regiones, donde los gobiernos aún están a tiempo de actuar.

Esta sección presenta las conclusiones que se derivan del desarrollo del trabajo y su aporte en la búsqueda de una de las tantas potenciales herramientas que permitan encontrar soluciones a los incipientes problemas.

### *A. Conclusiones Generales*

#### La dinámica de sistemas como herramienta

En términos generales, la primera de las conclusiones que surge es el enorme potencial que posee la Dinámica de Sistemas, y más específicamente la Dinámica Urbana, como herramienta que permita evaluar alternativas a la hora de buscar soluciones. Las ciudades del mundo han sufrido las consecuencias de la práctica de “prueba y error” en el intento fútil de muchos gobiernos de aplicar políticas públicas en busca de soluciones de fondo a los problemas cotidianos. La Dinámica Urbana permite desarrollar modelos relativamente simples de sistemas muy complejos, utilizando solo supuestos y datos básicos sobre el sistema real. Las conclusiones extraídas de estos modelos no deben enfocarse tanto en los valores cuantitativos, sino en comprender cuál sería el comportamiento del sistema si se aplicara una política en particular y cuáles son los órdenes de magnitud que se manejan en las variables consideradas *drivers* del sistema.

#### Los valores de la sociedad

En particular, los resultados obtenidos a partir del modelo de venta del asentamiento propuesto en este trabajo, permiten obtener importantes conclusiones acerca del sistema.

En primer lugar, es evidente que todos aquellos que forman parte de una sociedad están sujetos a participar de alguna forma de lo que se entiende por “mercado”. Es discutible a

qué precio estarían inicialmente dispuestos a vender sus terrenos los habitantes del terreno, o si la elasticidad de la oferta supuesta es muy alta. Lo que no es discutible es que existirá algún precio, que una contraparte del mercado puede estar dispuesto a pagar, que permitirá la venta del terreno. Otorgar un título de propiedad a los habitantes del asentamiento les otorga la posibilidad o elección de ofrecer sus viviendas al mercado. Hoy en día, ninguno está en condiciones de hacer esto legalmente pues son considerados usurpadores por la ley. La hipótesis que plantea este trabajo, y quizás el supuesto más esencial, es que se les ofrezca a los habitantes la elección de disponer de sus terrenos, evitando así la proliferación de mercados negros: no es que el mercado no exista, sino que se desarrolla en forma paralela al mercado formal.

Por otra parte, el reconocimiento de propiedad y la posterior urbanización del asentamiento, permitiría incluir a los habitantes dentro del sistema formal del Gobierno. Esto posee dos potenciales beneficios. Primero, los habitantes comenzarían a tributar como cualquier otro ciudadano subsidiando en parte la ayuda que el Estado pudiera o debiera darle a los habitantes. Pero además, y más importante, les otorgaría un sentido de pertenencia a la sociedad. El resto de los ciudadanos ya no optarían por segregarse a los que hasta ahora denominaban “villeros”, puesto que han pasado de ser usurpadores a ser nuevos conciudadanos. El cambio seguramente será lento, pero el resultado probablemente sea una sociedad más equilibrada.

#### La riqueza de la sociedad como un todo

Los resultados observados en el capítulo anterior indican además, que otra de las conclusiones del modelo es la creación de valor para los distintos actores involucrados. Los habitantes obtendrán el valor al que están dispuestos a ceder su tierra, y con este dinero podrán acceder a una mejor calidad de vida. Los inversores, por su parte, obtendrán importantes retornos si el proyecto resulta exitoso. La sociedad como un todo percibirá grandes beneficios. Principalmente por el aumento en el valor de la tierra, que podría pasar de ser nula, a alcanzar valores similares a Barrios como Palermo, Recoleta o Puerto Madero. Además la inclusión de los habitantes del asentamiento en el sistema formal implicaría mayores ingresos por la recolección de impuestos.

#### Los beneficios ambientales

Existen además beneficios ambientales que se obtendrían al llevarse a cabo el proyecto. El nivel de contaminación que se observa en gran parte de los asentamientos informales, excede cualquier tipo de recomendación para lo que se considera una zona evitable. Al no existir servicios básicos como agua potable, redes cloacales o recolección de residuos, la contaminación de los terrenos y ríos adyacentes a estos asentamientos (Arroyo

Maldonado en la villa 31) alcanza niveles catastróficos. La provisión de servicios básicos a gran parte de los habitantes probablemente detendría o incluso revertiría los niveles de contaminación actual.

### Una solución combinada

Una de las principales conclusiones que se extraen de los resultados del modelo, es la necesidad de una solución mixta, tal como se propuso en el Capítulo II. Los resultados de la primera corrida dejan en claro este concepto. Es evidente que la solución más eficiente será la que convoque a todos los actores que participan en el sistema. El gobierno sería ineficiente si emprendiera la solución del problema habitacional por su cuenta. Los inversionistas privados no dispondrían del capital, la financiación o las herramientas necesarias para llevar a cabo un proyecto independiente. Sería prácticamente imposible para los habitantes del asentamiento resolver por sí mismos los problemas de vivienda que poseen. Cuando los tres actores se conjugan, cada uno ocupando el rol que desempeñan con mayor eficiencia, es posible encontrar una solución potencial al problema del uso del suelo en la villa 31.

### Una solución Intrínseca

Quizás la ventaja más importante de la solución propuesta en este trabajo, y luego modelada, es que se trata de una solución intrínseca del sistema y no una condición impuesta por sobre la conducta natural del sistema. Forrester argumenta en “Urban Dynamics” que los sistemas sociales complejos rara vez responden favorablemente a las imposiciones externas. La mejor solución está dada por una modificación al sistema que cambie los incentivos internos y deje la obligación de mejorar el sistema a los procesos internos [Forrester, 1969]. En ese sentido, es evidente que la solución aquí propuesta tiene una probabilidad menor de fracaso que políticas impuestas externamente como la urbanización, la erradicación o la adquisición privada sin intervención del estado.

### *B. Implementabilidad*

Una de las principales desventajas de esta solución es la dificultad de su ejecución. Al involucrar a todos los actores que forman parte del sistema, la solución propuesta requiere de esfuerzos de coordinación que muchas veces implican sacrificar los intereses de un único grupo en pos del bien común. Esto resulta extremadamente difícil, sobre todo en una sociedad como la Argentina donde cada uno de los sectores tiene la costumbre de obrar por sus propios intereses, y no por el bien de la Sociedad.

El gobierno probablemente quiera encontrar una solución de compromiso sin arriesgar demasiado, seguramente invirtiendo mucho más dinero del que hubiera sido necesario con otra solución, pero que asegure el apoyo de lo que la mayoría de los votantes considera como la mejor solución.

Los habitantes del asentamiento tal vez sean particularmente reacios a abandonar las tierras usurpadas, ya que deberán dejar una zona privilegiada de la ciudad para movilizarse a una nueva zona que probablemente posea menos atractivo que la ubicación de la villa 31. Existen además, muchos intereses políticos, económicos y de otro tipo, arraigados en el seno de estos asentamientos que hacen que los habitantes no puedan actuar independientemente, sino que deban actuar con lo que dictan las personas “a cargo” de la villa.

Los inversionistas probablemente crean que es demasiado riesgoso invertir en un proyecto de este tipo, dadas las condiciones de inestabilidad políticas y económicas que suelen tener lugar en la Republica Argentina. Aquellos que deban invertir a los inicios del proyecto quizás desconfíen que todo el asentamiento finalmente pueda ser comercializado.

Es muy difícil modelar este tipo de conductas que escapan a las generalidades del sistema, y están más relacionadas con conceptos arraigados en la cultura de una sociedad. Sin embargo, si desean encontrarse soluciones a los problemas de la Ciudad, debe comprenderse que éstas no nacerán a partir de esfuerzos aislados sino a partir de la sinergia que explote las máximas capacidades de todos los actores del sistema.

Por esta razón, herramientas como la generada en el presente trabajo, pueden ayudar a allanar el camino para el hallazgo de soluciones a problemas crecientes e incipientes, no solo en la Ciudad de Buenos Aires, sino en todas las grandes ciudades de la actualidad y el futuro.

Si los inversionistas confiaran en el apoyo del gobierno, y percibieran estabilidad política y económica, invertirían mas en este tipo de proyectos teniendo en cuenta los potenciales retornos.

Los habitantes de los asentamientos comprenderían las bondades de ofrecer su terreno al mercado y movilizarse a zonas especialmente preparadas donde ya existan servicios básicos. Deben sentirse contenidos y asesorados por el estado, jamás avasallados.

Si el gobierno pudiera comprender que una inversión de 30 Mill. de dólares (descontando la inversión en servicios básicos) podría desatar un proyecto que reconvirtiera a una de las

zonas con mayores carencias de la Ciudad, quizás concentraría sus esfuerzos en promover mas soluciones de este tipo.

### *C. Hacia Adelante*

Evidentemente el futuro es incierto en muchos sentidos. Pero hay algo de lo que podemos estar seguros: la población crecerá más allá de lo que el sistema global pueda albergar. Las mega-ciudades se multiplicaran alrededor del mundo, y con ellas los mega-problemas. Los inconvenientes habitacionales y de movilidad ya no serán localizados, su ocurrencia será generalizada.

Teniendo esto en mente, existen tres conceptos a tener en cuenta hacia adelante.

La única forma de enfrentar un futuro tan incierto es prevenirlo. Actuar proactivamente. Comenzar a buscar soluciones a problemas incipientes y problemas futuros. Comprender las complejas conductas de los sistemas sociales no es fácil, por eso las herramientas que faciliten el trabajo a aquellos encargados de buscar soluciones serán en extremo importantes.

Es crucial generar bases de conocimiento que puedan compartirse globalmente: ¿Como solucionaron Los Ángeles o Tokio sus problemas de movilidad? ¿Cómo solucionaron Rio de Janeiro o Mumbai sus problemas de uso del suelo? ¿Cómo lograron Santiago de Chile o México DF superar sus problemas de contaminación? Generar este tipo de intercambios entre los distintos creadores de políticas urbanas puede ahorrar años en investigación.

La sinergia será aún más importante en el futuro. Con problemas crecientes, cuya solución requerirá cada vez más recursos y herramientas, será difícil que un solo sector pueda crear soluciones de forma independiente. Los ciudadanos deben empezar a participar activamente en la búsqueda de soluciones, y no solo ser un ente pasivo que absorbe lo que el Estado provee. El gobierno debe asimilar que ya no será capaz de lidiar con los mega-problemas por su cuenta, por lo cual deberá apoyarse en la eficiencia, conocimiento y capacidad de inversión del sector privado.

Proactividad, Conocimiento y Sinergia, serán los pilares en la solución de problemas de las ciudades del futuro.



## ANEXO I

En las conclusiones obtenidas a partir de los resultados del modelo en la Sección III.H, se plantea la posibilidad de una inversión inicial intermedia entre el mínimo de 14% y el máximo de 43% que permite obtener un 100% de probabilidad de éxito. La figura 31 muestra los resultados obtenidos.

La oferta de terreno presenta un marcado incremento en el año 2, luego de la compra inicial de 76 mil m<sup>2</sup> en el año 1. La oferta continúa fluctuando a medida que varía el precio de venta deseado en la ecuación 6. Hacia el año 11, 2 años antes que en la segunda corrida pero 3 después de lo observado en la tercera corrida, el terreno disponible para ser vendido se agota. Con un 93% de la tierra vendida, la incidencia del Terreno alcanza los 586 USD/m<sup>2</sup>, valores similares a lo observado en la segunda corrida. En promedio, los habitantes del terreno han obtenido 432 USD/m<sup>2</sup> vendido, 3% que en la segunda corrida, aproximándose a valores similares al Barrio de Nuñez.

Los inversores demoran esta vez 13 años en agotar el terreno ofertado, 4 años menos que en la segunda corrida, pero 1 más que en la tercera corrida. El salto en la probabilidad de éxito de 34% a 58% hace que la demanda de terreno se dispare hasta alcanzar un máximo de 60 mil m<sup>2</sup> en el año 11. Sin embargo, en el año 5 el porcentaje de venta real de terreno es solo de 30%, lejos del 50% necesario para alcanzar el éxito total del proyecto. Aun así, el proyecto logra alcanzar una probabilidad final de éxito de 88%, 26 puntos porcentuales por encima del 62% observado en la segunda corrida.

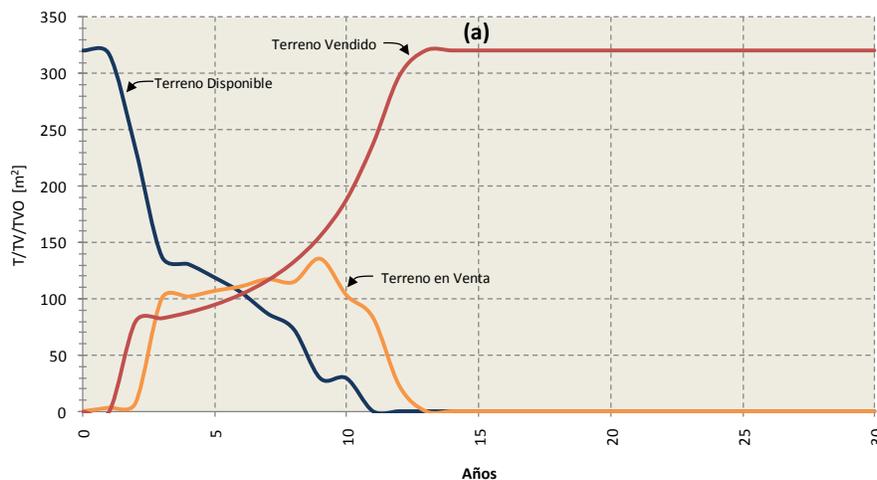


Fig 31. Cuarta Corrida (+24% Compra Inicial)

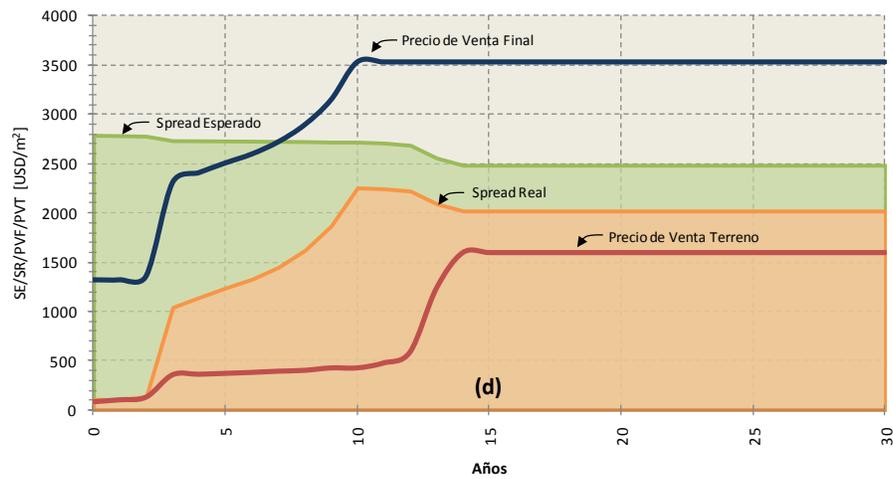
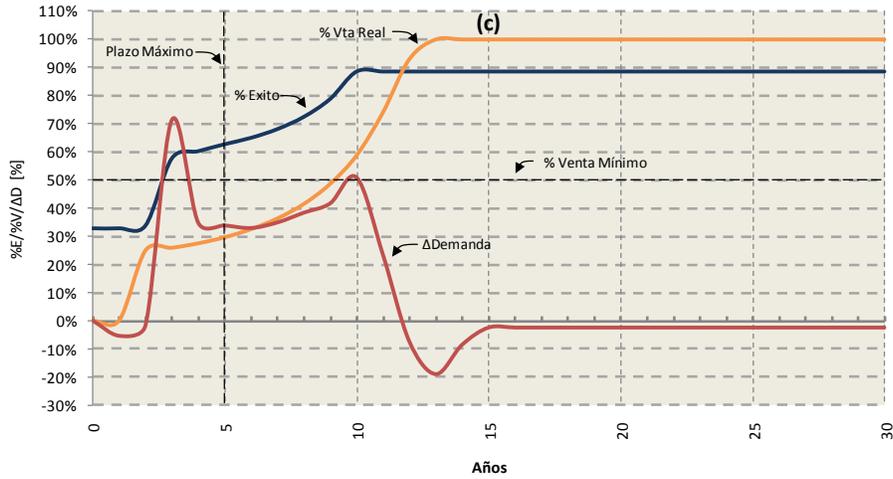
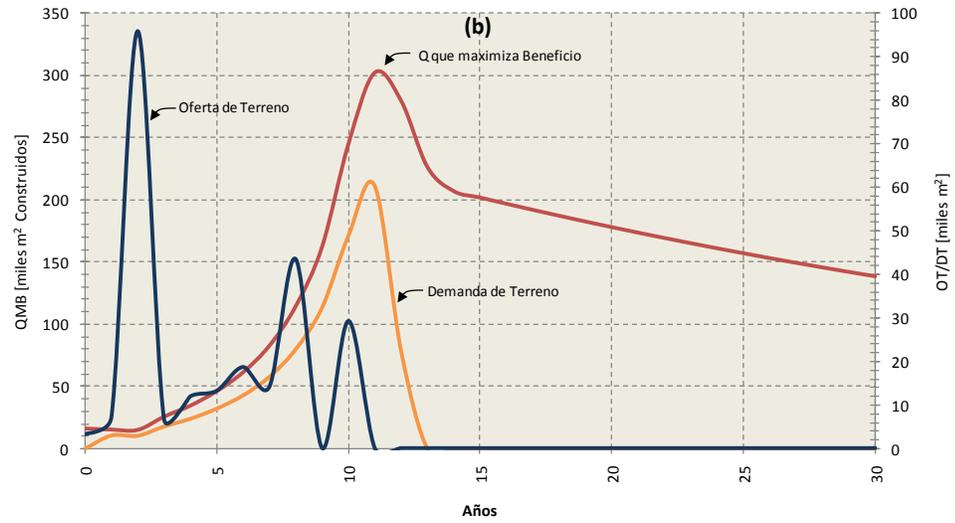


Fig 31 (cont.). Cuarta Corrida (+24% Compra Inicial)

No alcanzar masa crítica en el quinta año, y por ende la probabilidad de éxito máxima, el spread real que obtendrán los inversores no alcanzará el spread esperado inicialmente ya que el precio de venta se verá limitado. En este caso, el precio de venta final alcanza los 3535 USD/m<sup>2</sup> considerablemente por encima de los 2499 USD/m<sup>2</sup> de la segunda corrida. Estos valores se asemejan a Barrios como Palermo Chico y Recoleta. El spread promedio es de 1884 USD/m<sup>2</sup> (margen bruto de 59%). El spread máximo por su parte alcanza 2250 USD/m<sup>2</sup>. La figura 32 compara los principales resultados de las tres corridas realizadas con una compra inicial.

Variable	2da Corrida	3era Corrida	4ta Corrida
Compra Inicial [%]	14%	43%	24%
Terreno Disponible al 0% [año]	13	8	11
Incidencia Promedio [USD/m <sup>2</sup> ]	419	482	432
% Venta en año 5 [%]	18%	50%	30%
Terreno en Venta al 0% [año]	17	12	13
Éxito Final [%]	62%	100%	88%
Precio de Venta Final [USD/m <sup>2</sup> ]	2499	4000	3535
Spread Maximo [USD/m <sup>2</sup> ]	1214	2705	2250
Spread Promedio [USD/m <sup>2</sup> ]	1024	2340	1884
Margen Bruto Promedio [%]	44%	64%	59%

Fig 32. Variables críticas Segunda, Tercera y Cuarta Corrida.

Es evidente que los resultados obtenidos en la cuarta corrida son en todos los casos inferiores a los que se observaron en la tercera corrida. Como se desprende de la figura 33, si bien las ganancias privadas son menores y las inversiones mayores, la inversión inicial que debe realizar el gobierno es un 44% menor. Esto hace que la viabilidad del proyecto sea mayor ya que el gobierno debería invertir una suma considerablemente menor.

La contraparte es que los inversores seguidores y aversos al riesgo deben invertir una suma mucho mayor. Los primeros pasan de adquirir un 39% de la tierra a adquirir un 48%, invirtiendo en ello 22% más que antes. Los segundos adquieren 26% de la tierra, 10 puntos porcentuales más que en la tercera corrida, debiendo invertir un 62% más. Adicionalmente deben asumir un riesgo mayor ( $\Delta$ ROI varía en +2 pp), y relegar ganancias por 4 puntos porcentuales. La utilidad máxima de cada inversor, y por ende la utilidad total del proyecto, se ve reducida en un 17%.

Variable	3era Corrida	4ta Corrida	$\Delta$
<b>Comprador inicial</b>			
Compra Inicial [%]	43%	24%	-19 pp
Inversion Total [Mil. USD]	USD 855.530	USD 475.705	-44%
% de Inversion en Terreno [%]	3%	3%	0 pp
Utilidad Max [USD/m <sup>2</sup> ]	USD 2.756	USD 2.297	-17%
ROI MAX [%]	69%	65%	-4 pp
$\Delta$ ROI (ROI MAX - ROI MIN) [pp]	63%	59%	-4 pp
Año de Ingreso	1	1	-
<b>Risk Takers</b>			
% de Terreno [%]	2%	2%	0 pp
Inversion Total [Mil. USD]	USD 36.689	USD 36.689	0%
% de Inversion en Terreno [%]	2%	2%	0 pp
Utilidad Max [USD/m <sup>2</sup> ]	USD 2.777	USD 2.313	-17%
ROI MAX [%]	69%	65%	-4 pp
$\Delta$ ROI (ROI MAX - ROI MIN) [pp]	61%	57%	-4 pp
Año de Ingreso	1	1	-
<b>Followers</b>			
% de Terreno [%]	39%	48%	9 pp
Inversion Total [Mil. USD]	USD 813.070	USD 988.169	22%
% de Inversion en Terreno [%]	7%	6%	-1 pp
Utilidad Max [USD/m <sup>2</sup> ]	USD 2.710	USD 2.254	-17%
ROI MAX [%]	68%	64%	-4 pp
$\Delta$ ROI (ROI MAX - ROI MIN) [pp]	4%	6%	2 pp
Año de Ingreso	3	3	-
<b>Risk Averse</b>			
% de Terreno [%]	16%	26%	10 pp
Inversion Total [Mil. USD]	USD 332.528	USD 539.470	62%
% de Inversion en Terreno [%]	9%	8%	-1 pp
Utilidad Max [USD/m <sup>2</sup> ]	USD 2.680	USD 2.234	-17%
ROI MAX [%]	67%	63%	-4 pp
$\Delta$ ROI (ROI MAX - ROI MIN) [pp]	0%	0%	0 pp
Año de Ingreso	10	11	1

Fig 33. Perfiles de Inversión Tercera Corrida Vs Cuarta Corrida

Por otra parte, al ser menor la inversión inicial en tierra, la oferta no se dispara como lo hace en la tercera corrida. Por lo tanto, la incidencia en el terreno disminuye, por lo cual la porción de inversión en terreno respecto del total se reduce en promedio un 1%.

La figura 34 muestra la evolución de la construcción de m<sup>2</sup> por tipo de inversor. Los más arriesgados solo invierten un 1%, ya que la mayoría del riesgo es absorbido por el gobierno al adquirir el 24%. Los seguidores ingresan de forma exponencial e invierten en 17% del total construido, hasta que el  $\Delta$ Spread se hace negativo. Esto sucede en el año 11 cuando entran en el pool de inversores aquellos con aversión al riesgo y que, de existir terreno disponible, invertirán el 82% restante.

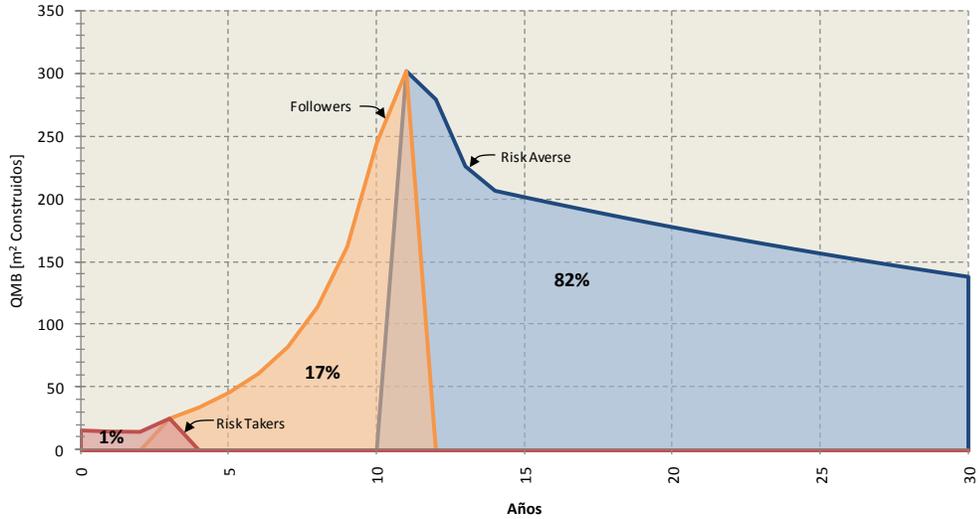


Fig 34. Evolución de Construcción por tipo de Inversor

La conclusión luego de observar los resultados de esta corrida, es que resulta un escenario viable en caso que el gobierno desee realizar una inversión considerablemente menor, o no pueda hallar un *partner* para la inversión inicial. El *downside* de esto es que los inversores privados deberán disponer de más dinero para la inversión, y que los retornos para todos los actores serán menores. Es decir, en los números, la opción a elegir es invertir inicialmente en el 43% del terreno y alcanzar una probabilidad de éxito casi asegurada. Sin embargo, esta opción podría resultar inviable si el estado no dispone del dinero o no logra encontrar un grupo económico que lo acompañe. Aquí es donde resulta atractiva la idea de una inversión menor por parte del gobierno, con retornos y beneficios mayores que lo observado en la segunda corrida.



## ANEXO II

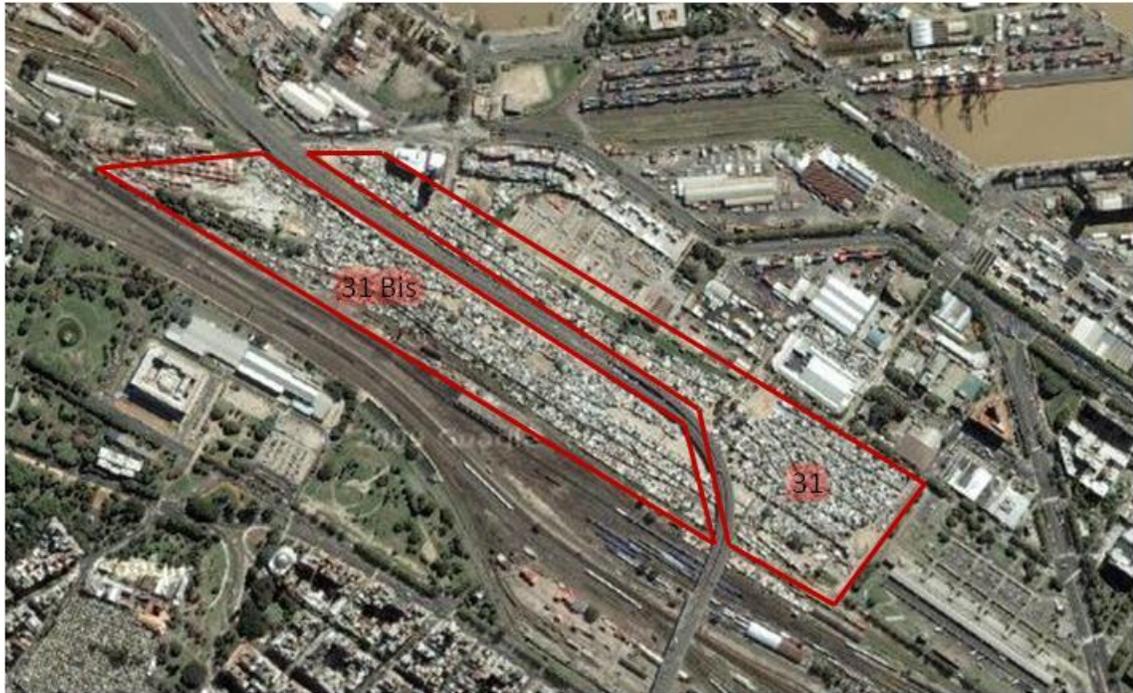


Fig 35. Ubicación Geográfica de las Villas 31 y 31bis. Fuente: Google Maps.



Fig 36. Plan de Urbanización de las Villas 31 y 31bis. Fuente: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. FADU. Facultad de Arquitectura Diseño v Urbanismo.



## BIBLIOGRAFIA

- Alfeld, L. E. and A. K. Graham. 1976. "Introduction to Urban Dynamics". Waltham, MA, Pegasus Communications.
- Alfeld, L. E. 1995. "Urban dynamics - The first fifty years". System Dynamics Review Vol.11, no. 3, pp. 199-217.
- Alonso, W. 1964. "Location and Land Use: Towards a General Theory of Land Rent". Cambridge University Press. Cambridge.
- Aracil, J. Gordillo, F. 1997. "Dinámica de Sistemas". Editorial Alianza. Madrid.
- Bean, Jonathan J. 2000. "Burn, Baby, Burn" : Small business in the Urban Riots of the 1960s. The Independent Review, v.V, n.2, ISSN 1086-1653, pp. 165–187.
- Corporacion Antiguo Puerto Madero. "Proyecciones". 2010. <http://www.puertomadero.com/proyec1.cfm>
- Dirección General de Estadística y Censo de la Ciudad de Buenos Aires. "Censo de Hogares y Población. Villas 31 y 31 bis". 2009. [http://www.buenosaires.gov.ar/areas/hacienda/sis\\_estadistico/?menu\\_id=5867](http://www.buenosaires.gov.ar/areas/hacienda/sis_estadistico/?menu_id=5867).
- Epple, D., Gordon B. and Sieg H. 2007. "A New Approach to Estimating the Production Function for Housing". Carnegie Mellon University.
- Fisher, L. M. 2009. "The Prophet of Unintended Consequences". Strategy + Business Issue 40.
- Forrester, J. W. 1969. "Urban dynamics". Cambridge, MA. MIT Press.
- Forrester, J. W. 1995. "Counterintuitive behavior of social systems". Technology Review 73. Alumni Association of the Massachusetts Institute of Technology.
- Forrester J. W. 1991 "System Dynamics and the Lessons of 35 Years". The Systemic Basis of Policy Making in the 1990s.
- Frazier, Mark C. 1971. "An answer from the computer: Why Urban Programs backfire". The Harvard Crimson.
- Fundación Diagonal Sur. 2008. "Encuesta sobre el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires".
- García M. "Historia de las villas miseria en Buenos Aires". 2007. Revista Soles Digital. [http://www.solesdigital.com.ar/sociedad/historia\\_villas\\_1.htm](http://www.solesdigital.com.ar/sociedad/historia_villas_1.htm)
- Ghaffarzagdegan N, Lyneis J., Richardson G. P. 2009. "Why and How Small System Dynamics Models Can Help Policymakers: A Review of Two Public Policy Models". Rockefeller College of Public Affairs and Policy, University at Albany (SUNY).
- Gray J. N., Pessel D., Varaiya P. P. 1972. "A Critique of Forrester's Model of an Urban Area". Transactions on System, man, and Cybernetics. USA.

- Hazel G. (OBE MRC McLean Hazel), Miller D. (GlobeScan). 2007. "Desafíos de las Mega-ciudades: Una perspectiva de los líderes y expertos". Reporte de Siemens AG.
- HowStuffWorks.com. "City". 2008. <http://geography.howstuffworks.com/terms-and-associations/city.htm>, 26/06/10.
- Ibañez, Carlos. "Las villas crecen, las soluciones fallan". 15 de Octubre de 2008. Diario La Nación.
- Lucas, R. and Rossi-Hansberg, E. 2002. "On the Internal Structure of Cities". *Econometrica* 70, 1445-1476.
- Mills, R. 1967. "An Aggregative Model of Resource Allocation in a Metropolitan Area". *American Economic Review*, 57, 197-210.
- Muth, R. 1969. *Cities and Housing*. University of Chicago Press. Chicago.
- National Accounts Main Aggregates Database, Statistics Division, United Nations. 26/06/10. <http://unstats.un.org/unsd>
- Nicholson W. 2004. "Teoría Microeconómica: Principios Básicos y Ampliaciones". Madrid. Editorial Thomson.
- Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, *World Population Prospects: The 2006 Revision and World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*, <http://esa.un.org/unup>, 26/06/10.
- Raux, C. 2003. "A system dynamics model for the urban travel system". Laboratoire d'Economie des Transports. Lyon.
- Senge P. 1990. "The Fifth Discipline: The Art And Practice Of The Learning". New York, NY. Doubleday
- Simth, B.A. 1976. "The Supply of Urban Housing". *Journal of Political Economy* 40. P. 389-405.
- Smolka, M. y A. Larangeira. 2006. "Informality and Poverty in Latin American Urban Policy"
- Swanson, J. Gleave S. D. 2008. "Transport and the Urban Economy: The Urban Dynamic Model". Vienna.
- Valenzuela, D. 21 de Marzo de 2010. "Villas de emergencia: de la topadora a la urbanización". Diario La Nación.



