



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

# Las tesis de Belgrano

**Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Maestría en Computación Gráfica**

Generación de Objetos Autónomos en Mundos de  
Realidad Virtual

Nº 6

Alicia Mabel Barron

Director de Tesis: Mgtr. Ricardo Piegari

Departamento de Investigación  
Noviembre 2001



## Mi agradecimiento:

- Al Sr. Director de Tesis, Ricardo Piegari, por su orientación y guía.
- A la Sra. Directora del “Grupo de Investigación y Docencia en Computación Aplicada al Diseño” Mónica Fernandez, por sus consejos y buena disposición a lo largo de estos años de trabajo.
- A la Sra. Alicia Gioia, por su ayuda, aliento y apoyo en los momentos difíciles.
- A la Sra. Adriana Granero, por su inestimable labor profesional.
- A los Srs. Federico Longinotti y Luis Clemens, por su inestimable ayuda profesional.
- A aquellos colegas y amigos que con alegría y disposición, me apoyaron y alentaron para llevar a cabo este trabajo



## Índice de Contenidos.

I	Abstract .....	7
	1. Castellano .....	7
	2. Inglés .....	7
II	Desarrollo de la Tesis .....	8
	1. Introducción .....	8
	1.1. Objetivos .....	8
	1.2. Restricciones .....	8
	1.3. Metas .....	8
	1.4. Palabras Clave .....	8
	1.5. Sumario .....	8
	2. Estado del Arte .....	9
	2.1. Simulaciones .....	9
	2.2. Peatón .....	10
	2.3. Evaluación .....	12
	3. Propuesta .....	12
	3.1. Características del Modelo Propuesto. ....	12
	3.2. Resultados Esperados. ....	13
	3.3. Componentes .....	13
	4. Definiciones de los Elementos .....	14
	4.1. Peatón .....	14
	4.2. Elementos definidos por el Usuario. ....	16
	4.3. Elementos Calculados .....	19
	4.4. Itinerarios .....	20
	4.5. Relaciones .....	21
	5. Exportación de las posiciones .....	23
	5.1. Líneas .....	23
	5.2. Archivos ASCII .....	23
	6. Elección del Entorno de Trabajo .....	24
	6.1. Requerimientos .....	24
	6.2. Características .....	24
	6.3. Entornos evaluados .....	24
	6.4. Resultados de la Evaluación .....	25
	7. Proceso .....	25
	7.1. Definición de tablas de Parámetros .....	25
	7.2. Ubicación de Elementos .....	25
	7.3. Definición del Peatón .....	27
	7.4. Trazado de las Trayectorias .....	28
	7.5. Definición del Itinerario .....	30
	7.6. Exportación de los Itinerarios .....	31
	8. Validación del Modelo .....	31
	8.1. Parámetros Constantes .....	31
	8.2. Modificación de la Velocidad .....	32
	8.3. Modificación en las Proporciones del Espacio .....	32
	8.4. Modificación de la Posición de los focos .....	33
	9. Resultados Alcanzados .....	33
	9.1. Entorno de Trabajo .....	33
	9.2. Modelo .....	34
	10. Conclusiones .....	34
	11. Perspectivas .....	34
IV	Apéndices .....	35
	A. Evolución del Modelo .....	35
	A.1. Tareas previas .....	35
	A.2. Primera Etapa .....	36
	A.3. Segunda Etapa .....	38

---

A.4. Tercera Etapa .....	42
B. Archivos de Salida .....	44
B.1. Generación de Itinerarios .....	44
B.2. Exportar con Formato WMF .....	45
B.3. Exportar con Formato ASCII .....	45
C. Estructura de Datos .....	48
C.1. Tabla Límites .....	48
C.2. Tabla Barreras .....	48
C.3. Tabla Portales .....	48
C.4. Tabla Focos .....	49
C.5. Tabla Peatones .....	49
C.6. Tabla GustosPeatón .....	49
C.7. Tabla Datos .....	50
C.8. Tabla Gustos .....	50
D. Pantallas .....	50
E. Glosario .....	52
F. Bibliografía .....	54
F.1. Libros .....	54
F.2. Páginas Internet .....	56
F.3. Revistas .....	58

## Abstract

**1.1. Abstract** (castellano)

El comportamiento básico del peatón es llegar a su destino en la forma más directa posible, esquivando los obstáculos estáticos y dinámicos. Para hacer esto requiere, entre otras, de la información geométrica de los objetos en el escenario. Sin embargo este comportamiento se altera ante la presencia de focos de atracción que le hacen modificar la trayectoria.

El objetivo del trabajo es definir los procesos que posibiliten simular recorridos peatonales autónomos en espacios confinados; y determinar los itinerarios a seguir por los mismos a partir de procesos aleatorios dentro de parámetros prefijados y en forma genérica e independiente de los movimientos propios del caminar.

Presentamos un modelo conceptual dedicado a generar recorridos peatonales, tomando en consideración los focos de atracción y su influencia en los itinerarios. Para implementar el modelo, sobre el plano de un espacio arquitectónico se definen los elementos necesarios para reconocer las características geométricas del Mundo (Límites, Focos y Portales) que afectan los desplazamientos peatonales. Estas características con el agregado de los peatones definidos por un generador de personas, permiten trazar los itinerarios a seguir por los mismos al recorrer el Mundo.

**1.2. Abstract** (english)

The basic behavior of a pedestrian consists of arriving at the desired destination along the most direct possible route, avoiding stationary and moving obstacles; to achieve this the pedestrian requires, among other things, the geometric information of the objects in the scenario. However this behavior changes when attracted by the focus making him modify his trajectory.

The goal of this paper is to define the processes that enable the simulation of an autonomous pedestrian's journeys in confined spaces; and to determine their paths beginning with random processes under preset parameters in a generic fashion as well as doing so in a manner independent from walking movement.

We present a conceptual model designed to generate pedestrian journeys, taking into account the focuses of attraction and their influence in the paths taken. In order to implement this model, we add to an architectural plan the elements necessary to recognize the geometric characteristics of the World (Limits, Focuses and Portals) that affect the displacements of pedestrians. These characteristics in addition to the pedestrians defined by a generator of people enable us to determine the paths to be taken in the World.

## Desarrollo de la Tesis

## 1. Introducción - Planteo a la Problemática

En el comienzo de la historia los hechos arquitectónicos sólo se conocían después de su construcción. A partir del Renacimiento surge, con la perspectiva, la posibilidad de representar los edificios y apreciar sus formas y proporciones antes de su construcción y como método de verificación. Luego con el sistema de representación Monge aparecen los planos con el sentido que hoy se da al término. Hoy en día con las computadoras podemos no sólo construir las perspectivas sino también recorrer los espacios diseñados, antes de ser construidos.

La creación de modelos tridimensionales mediante la utilización de computadoras posibilita generar a partir de los mismos imágenes estáticas y animaciones. Estos procesos tratan de alcanzar el mayor grado posible de realismo por medio del agregado, entre otros, de texturas, reflejos y transparencias. Pero esta representación pierde realismo al no mostrar personas que le den escala a los espacios representados.

Las diferencias fundamentales entre visualizar un hecho arquitectónico mediante un video y una simulación en la pantalla de una computadora son: la posibilidad que tiene esta última de permitir interacciones con el usuario y su falta de objetos móviles. Los videos muestran no sólo los edificios sino también lo que los rodea con personas y vehículos en movimientos: su ausencia produce la pérdida de realismo a las simulaciones no sólo por la falta de entorno, sino también porque al no tener elementos de referencia pierden la relación de escala.

En los modelos en 3D las interacciones están restringidas al usuario y los edificios, pero en el mundo real hay además otras, que son independientes del observador, entre los objetos que componen las imágenes. Estas interacciones no son totalmente aleatorias ya que siguen reglas de comportamiento propias de cada objeto. Por otro lado el máximo logro de la animación computada es sintetizar el efecto de movimiento, con una mezcla de fenómenos naturales, percepción e imaginación.

### 1.1. Objetivos

El objetivo del trabajo es definir los procesos que posibiliten simular el comportamiento de colecciones de peatones autónomos en espacios confinados.

Determinar los itinerarios a seguir por los mismos, a partir de procesos aleatorios dentro de parámetros prefijados, en forma genérica independientemente de los movimientos propios del caminar.

### 1.2. Restricciones

- Enfocar el movimiento de las personas desde el punto de vista de los trayectos que realiza, cada peatón, no las reglas físicas que hacen al caminar, ni los movimientos resultantes. Plantear los resultados a nivel teórico con simulaciones prácticas.
- Utilizar como escenario recintos exclusivamente peatonales, donde no ocurren interrelaciones con otros tipos de objetos móviles.
- Para el estudio se tienen en cuenta personas normales, sin impedimentos para caminar, que se desplazan en forma individual.
- No se contempla como meta elaborar un programa. La programación de la simulación se utiliza sólo como herramienta para verificar supuestos.

### 1.3. Metas

- Proponer un modelo que permita generar recorridos peatonales autónomos
- Elaborar un informe de la metodología utilizada
- Verificar los resultados generando simulaciones.

### 1.4. Palabras clave.

- Peatón.
- Itinerarios.

### 1.5. Sumario

El comportamiento más simple de un peatón es llegar a su destino en la forma más directa posible, esquivando los obstáculos estáticos y dinámicos; lo que solo requiere la información geométrica de los objetos en el escenario.

Este comportamiento se altera ante la presencia de focos de atracción que modifican la trayectoria. Este trabajo explora las relaciones entre el peatón, el mundo que lo rodea y la forma de actuar ante la presencia de un estímulo visual y propone un modelo de relaciones para simular los itinerarios peatonales.

En este trabajo presentamos un modelo conceptual dedicado a generar recorridos peatonales autóno-

mos, tomando en consideración los focos de atracción, y a partir de las posiciones calculadas poder generar animaciones.

## 2. Estado del Arte.

Para realizar este trabajo se investigó el estado del arte en cuanto a las simulaciones de movimientos peatonales y a los estudios sobre el Peatón mismo

### 2.1. Simulaciones.

#### 2.1.1. Software utilizado para realizar simulaciones

En el campo de las simulaciones de mundos virtuales existen distintos enfoques:

- El VRML (Virtual Reality Modeling Language) Es el lenguaje de modelado de realidad virtual diseñado como norma de Internet. Fue creado por Mark Pesce en 1994, basado originalmente en el Open Inventor, está administrado por el VRML Consortium ([www.vrml.org](http://www.vrml.org)), para cada nueva versión del lenguaje el grupo emite un pedido de propuestas (RFP) donde se especifican los requerimientos de la próxima versión. Describe mundos y objetos en 3D usando una escena gráfica jerárquica. Las entidades en la escena se denominan nodos.[9]. Existen propuestas de especificación para encapsular los movimientos de los avatares en forma independiente de las figuras a animar, incluso propuestas para que esta posibilidad sea contemplada en VRML [w9].
- En la Universidad Carnegie-Mellon trabajan el proyecto ALICE, desarrollado originalmente en la universidad de Virginia, que es un entorno de programación gráfica interactiva en 3D. No es un modelador, sino una herramienta para describir comportamientos en 3D. Tiene un lenguaje propio denominado PHYTON, muy parecido al LOGO. Sus aplicaciones necesitan un plug-in propio y DirectX. No interactúa con VRML, POV. ni JAVA. Acepta objetos en formato DXF y OBJ.
- El 3DSMAX posee un plug-in, "Character Studio", con dos módulos: uno orientado al manejo de bípedos (sus movimientos) y el otro a la apariencia física que estos pueden asumir. Permite generar animaciones en 3D.

El módulo *Physique* trabaja con las transformaciones de la geometría de los actores, utilizando un esquema jerárquico donde cada nodo (bone) tiene un solo hijo y un solo padre y se guardan en archivos de tipo \*.VPH. Permite generar recorridos de bípedos a partir de archivos de texto, con extensión \*.stp, donde se dan las posiciones de los pasos (steps), la secuencia y el tiempo.

#### 2.1.2. Animaciones – Técnicas de control

Magenat Thalmann y Thalmann [w2],[w3] proponen una clasificación de las escenas con actores animados según cual sea el método de control de la animación y que tipo de interacciones tenga el actor. Un método de control de animación específica como está animado un actor.

Clasifica estas técnicas en tres categorías:

- El primer enfoque corresponde a métodos que dependen fuertemente del animador: apariencia, presentación, transformaciones, animación paramétrica por keyframe. Los objetos animados se controlan localmente. Los métodos están relacionados con datos geométricos.
- Un segundo enfoque utiliza leyes físicas, especialmente simulaciones dinámicas. Las velocidades y aceleraciones son resultado de la resolución de ecuaciones, o sea que el actor está controlado globalmente.
- El tercer tipo de animación estaría basado en los comportamientos, teniendo en cuenta las relaciones entre los objetos. Con este enfoque se puede pensar a los actores como entes autónomos, provistos de directivas que indican comportamientos sin ningún otro estímulo.

#### 2.1.3. Humanos virtuales

La simulación, representación y control, de humanos virtuales es un tema ampliamente desarrollado [w6] [w10] y puede separarse en dos aspectos.

- Como mover los avatares.
- Como darles una apariencia real.

Los estudios sobre los movimientos, en la mayoría de los casos usan modelos jerárquicos, basando los movimientos de los miembros del cuerpo en leyes de la físicas, tales como: cinemática y cinemática inversa. Utilizan distintos tipos de sensores para capturar el movimiento de los cuerpos, cámaras, guantes y cascos entre otros.

En el Laboratorio de Computación Gráfica (LIG) de Lausana se trabaja sobre el modelado del cuerpo y de las facciones, los movimientos de la ropa y los distintos gestos. Los movimientos del cuerpo se generan a partir de leyes físicas, inteligencia artificial y reglas de comportamiento. Trabajan sobre modelos para cami-

nar, asir, detectar y esquivar colisiones y la problemática de sensores virtuales de distinto tipo.

Los desarrollos en cuanto a la apariencia están encaminados a construir personas independientemente de los movimientos [w1], necesitando en todos los casos equipos con gran capacidad de cálculo y procesamiento.

#### 2.1.4. Grupos de Individuos

Los estudios sobre grupos de peatones se han realizado por más de tres décadas; la meta de estos trabajos fue el desarrollo de lineamientos que permitieran diseñar lugares peatonales. Usualmente toman la forma de relaciones lineales, por lo que no sirven para predecir flujos peatonales en recintos peatonales o edificios de arquitectura especial. Sin embargo se propusieron modelos de simulación (*queueing models*) y de caminos seleccionados por peatones.

Los trabajos sobre los movimientos de grupos de individuos son relativamente escasos. Entre los trabajos existentes se pueden mencionar los realizados por C. Reynolds sobre bandadas y cardúmenes, usando métodos de sistemas de partículas; S. Valentin realizó estudios sobre el comportamiento de multitudes en áreas cerradas, tales como mercados y estaciones de ferrocarril, usando observaciones empíricas tomadas de imágenes, para mensurar los movimientos de los grupos.

El trabajo de Musse y Thalmann [w4] realizado en "LIG", presenta un modelo que simula el comportamiento de una multitud en un entorno especificado, considerando la relación entre grupos de individuos y los comportamientos emergentes. Toma a los peatones como humanos autónomos que reaccionan en presencia de otros individuos y cambian sus parámetros (destino, velocidad) de acuerdo con ese encuentro.

D Helbing, trabaja en el área de modelos matemáticos para representar fuerzas sociales en el "Instituto de Física Teórica" de la Universidad de Stugartt. En su trabajo [w14] el foco de interés se encuentra en la modelización del comportamiento peatonal, asimilándolo a los comportamientos observados en mecánica de fluidos.

#### 2.1.5. Entidades con comportamientos autónomas.

En el "Institute de Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires / Centre National de la Recherche Scientifique" (Irisa/CNRS), S. Donikian [w31] trabaja sobre simulaciones en entornos urbanos (vg. Praxiteles, GASP), que incluyen interacciones entre varios tipos de entidades dinámicas (vehículos, ciclistas, peatones), donde el comportamiento de cada individuo se maneja en forma independiente. Implementa distintos modelos: vehículos autónomos, sensores para manejar las interacciones y herramientas de visualización.

En el mismo centro y en colaboración con G. Thomas desarrolla modelos de comportamiento (VUEMS), basados en estudios sociológicos que describen el comportamiento humano como un ciclo de percepción-acción-decisión. Descomponen los comportamientos en distintos niveles de tareas o líneas de actividad.

N. Farenc trabaja en "LIG" sobre la construcción de una ciudad virtual [w1], plantea las distintas problemáticas que genera la simulación de comportamientos específicos en un ámbito urbano "caminar por la calle", "manejar un vehículo", "subir a un vehículo de transporte".

## 2.2. Peatón

Para verificar la validez de los modelos urbanos, los psicólogos han estudiado los comportamientos de los distintos actores que se mueven en la ciudad: conductores, ciclistas y peatones. La mayoría de estos estudios tratan del conductor.

Son relativamente escasos los trabajos sobre los peatones [4] y en la mayoría de los casos tratan su inter relación con otros actores.

El peatón, a menudo es clasificado en categorías de acuerdo al sexo, edad, razón para desplazarse, estrato social. El peatón está definido por el tipo de trayectoria que realiza. Esta fuera del alcance del trabajo tomar en consideración aspectos sociales y culturales que afectan la forma de desplazarse.

### 2.2.1. Características del peatón.

El caminar es la forma de desplazamiento más natural, la menos onerosa y la más accesible a todos. Según el diccionario Larousse "peatón es aquel que camina a pie, transeunte", o sea que su definición está basada en su actividad, viajar por las ciudades.

Para definir sus características tomamos los datos de las distintas publicaciones citadas en la bibliografía, donde mencionan como sus características básicas.

El peatón estudiado en forma individual tiene como características:

- Pueden esquivar obstáculos, detenerse y cambiar de dirección y nivel instantáneamente[5].
- Es sensible al confort, les afectan las condiciones climáticas en los desplazamientos a la intemperie[5].

- Están interesados solamente en aquello que está más cerca, en el borde de un pequeño óvalo que lo rodea; lo que está atrás o más allá carece de significación [2].
- Normalmente y cuando es indiferente uno u otro sentido giran hacia la derecha [3].
- Normalmente elige la ruta más corta hacia el siguiente destino. Habiendo rutas alternativas elige la que sea más recta, con menos cambios de direcciones. Un peatón prefiere la ruta directa aunque esté congestionada[w14].
- Conserva la misma velocidad de marcha tanto como puede[w14].
- Mantiene una cierta distancia con respecto a los otros peatones [2], dependiendo de la situación, y a los bordes (paredes, mobiliario) Cuanto mayor sea la velocidad, menor será esta distancia[5].
- No siempre toman la mejor decisión estratégica [w14] [3].  
Cuando se lo estudia desde su forma de actuar cuando se encuentra dentro de un conjunto:
- Los peatones relacionados forman grupos, que se comportan como individuos [5] [w4].
- Con altas densidades peatonales estos se comportan análogamente a gases y fluidos[w14].
- Las Multitud, o sea grupos de individuos que comparten metas en el mismo entorno físico, donde los individuos pueden actuar de diferente manera que cuando están aislados [w4].
- Aparecen polarizaciones en la multitud cuando dos o más grupos adoptan actitudes divergentes y pueden surgir disputas [w4].
- Surge el criterio de dominación cuando un individuo se transforma en líder e influye al resto [w4] [2].

### 2.2.2. Parámetros generales del peatón

En las distintas publicaciones del CETUR [5] [6] están tipificadas y parametrizadas las distintas características y naturalezas de los desplazamientos peatonales.

#### Naturaleza del desplazamiento.

Desde el punto de vista de la razón que lo mueve a desplazarse pueden tipificarse en:

- Objetivo fijo: el peatón se mueve rápidamente de un punto a otro típicamente la trayectoria domicilio - trabajo o alcanzar un tren y tiene un tiempo estimado de llegada.
- Comerciales: el peatón recorre negocios, lleva bultos o paquetes.
- Espera: Son los peatones que esperan en una fila la llegada de un medio de transporte o la entrada a un espectáculo.
- Paseo: El peatón no tiene un objetivo fija ni un tiempo de llegada estimado.

#### Velocidad.

Las velocidades de marcha del peatón se modifican según la razón por la cual camina. El que se dirige a su trabajo desarrollará una velocidad mayor que el que está haciendo compras. También influye en la velocidad la edad del caminante.

Velocidad	Razón del viaje
1 a 1,5 m/seg.	Trayecto domicilio – trabajo.
0,5 a 1 m/seg	En una zona comercial
> 1,5 m/seg	Paseo

#### Superficie mínima ocupada.

En cuanto a la ocupación del suelo hay que diferenciar el espacio mínimo necesario según las dimensiones del cuerpo y el espacio necesario de acuerdo a las necesidades etológicas de las personas [2]. Las medidas mínimas que ocupan las personas en áreas de espera o detención son:

	Superficie	Medidas
1 peatón	0,21 m <sup>2</sup>	0,66 m * 0,40 m
1 peatón con equipajes	0,56 m <sup>2</sup>	0,90 m * 0,45 m
1 peatón con cochecito	1,00 m <sup>2</sup>	0,70 m * 1,30 m
1 pareja	0,61 m <sup>2</sup>	1,40 m * 0,40 m

### 2.2.3. *Parámetros psicológicos*

El entorno no es considerado siempre como un espacio tridimensional, algunos estudios toman en cuenta la naturaleza y funcionalidad de objetos y peatones [3]. Hay trabajos basados sobre la socialización de los comportamientos de los actores haciéndolos reaccionar a los estímulos del entorno y de las interacciones con otros actores [w4].

En cuanto a la ocupación del suelo hay que diferenciar el espacio mínimo necesario según las dimensiones del cuerpo y el espacio necesario de acuerdo a las necesidades etológicas de las personas. El área que necesita efectivamente el peatón, La distancia mínima a la que permitirá acercarse a otro peatón antes de empezar a retroceder, y que tratará de conseguir depende de las características del espacio en el que se encuentra, de la hora del día y de sus sentimientos de pertenencia al mismo o al grupo [2] [3].

### 2.3. *Evaluación.*

A partir de estas consideraciones encontramos que la simulación de los movimientos de las personas, en mundos virtuales, están ampliamente desarrollados, no así los estudios sobre las trayectorias que siguen para desplazarse.

Existe gran cantidad de modelos psicológicos y sociológicos sobre los peatones, que generalmente tratan sobre los comportamientos grupales. Aunque el entorno no se percibe únicamente a través de su geometría, los parámetros emocionales están fuera del alcance de este trabajo, y aún si se los quiere considerar la implementación de los mismos permanece en un nivel geométrico.

Los modelos de simulación sobre movimientos peatonales se desarrollan en escenarios de características lineales donde las direcciones de los itinerarios tienden a formar *sendas*. No se encontraron modelos que simulen recorridos en espacios libres exclusivamente peatonales.

Los estudios sobre el peatón muestran que este trata de minimizar el esfuerzo y se comporta de distinta manera cuando se encuentra solo o en grupo. Existen estudios experimentales que proveen de los valores para parametrizar nuestro modelo y permitir su validación [5] [6].

## 3. **Propuesta.**

Proponemos un modelo que a partir de una geometría dada, a la cual se le agregan los elementos necesarios, (Límites, Focos y Portales) y con las características dadas de un generador de personas, trace los itinerarios a seguir por los peatones que recorran el mundo.

Que esos recorridos varíen cada vez que se acceda a él, según las características del Peatón y del Mundo, sin intervención del operador para modificarlas.

Generar la información de la posición del peatón de manera de poderlos exportar en un formato adecuado para ser interpretado por un programa para asignarle el avatar a las trayectorias.

### 3.1. *Características del Modelo Propuesto*

Para llegar al resultado propuesto formulamos un modelo conceptual con las siguientes características y restricciones.

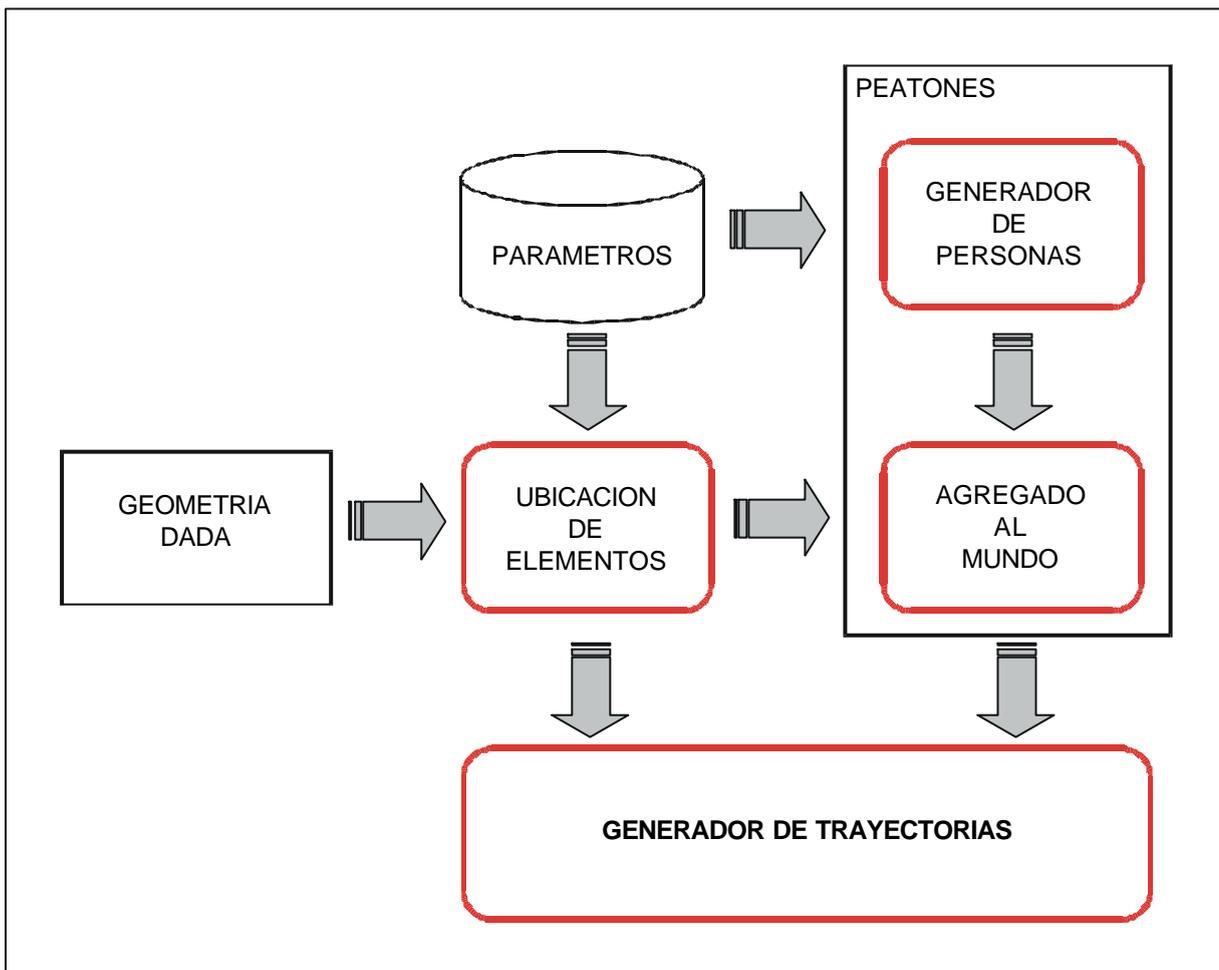
- Las trayectorias son generadas como una sucesión de SPLINES, a partir del Nodo de Acceso hasta el de Destino.
- El modelo genera los itinerarios de todos los peatones propuestos y a partir de la información calculada se comienza a trabajar en la animación.
- Se calculan posiciones a partir de un tiempo 0, pero la animación puede comenzar en cualquier momento posterior, con los peatones ya dentro del Mundo.
- Los peatones son los únicos elementos dinámicos del modelo, se considera que todos los focos son estáticos, por esto no se consideró que un peatón puede ser Foco de atracción para otro.
- Los Focos que se utilizan son visibles.
- La línea de visión del peatón se supone con la misma dirección que el spline en el punto de entrada al área de atracción del Foco. A partir de esta línea se calculan los ángulos de visión.
- El peatón esquiva todos los objetos definidos en el Mundo.
- Los peatones siempre circulan a un mismo nivel (nivel 0.00 m.)
- Las velocidades de desplazamiento son constantes, variando solamente en el caso de colisiones o llegadas a un Foco de atracción.
- Las colisiones son resueltas mediante cambios de velocidad del peatón y no mediante cambios en la trayectoria.
- No se contemplan aspectos de iluminación, distintos tipos de solados, ni características climáticas.
- Todos los objetos del Mundo se consideran apoyados en el 0.00m.
- La generación de las trayectorias no considera comportamientos grupales, sólo individuales.

### 3.2. Resultados Esperados

El resultado esperado es generar los itinerarios a seguir por los peatones, para recorrer el Mundo desde su punto de entrada hasta su destino, en forma totalmente automática. Que estos recorridos se tracen a partir de la información de la geometría y las características del peatón. Darle al modelo parámetros que al combinarse en forma aleatoria generen variaciones en los recorridos cada vez que se utilice.

### 3.3. Componentes

El modelo cuenta con los componentes Geometría Dada, Parámetros, Ubicación de Elementos, Generador de Personas y Agregado de Personas. Cada uno de ellos va resolviendo un aspecto del modelo hasta llegar al Generador de Trayectorias que reúne la información de todos los módulos anteriores para generar automáticamente las mismas.



#### 3.3.1. Geometría Dada

Son los planos del espacio para el que se van a definir los itinerarios. No es un componente específico del modelo, pero se incluye en el esquema porque se lo toma como base y sobre este diseño se definen las posiciones de los límites de los objetos, los accesos y focos de interés a considerar.

#### 3.3.2. Parámetros

Es el conjunto de información y parámetros que se utilizan en la generación de los recorridos. Está formado por las tablas de Gustos, los parámetros del peatón, y la información de administración del modelo.

Está formado por un parámetros incluidos en el código del programa y de tablas, que dada las características de la información almacenada (baja volatilidad), se accede a las mismas para su modificación mediante la utilización de Access:

- Gustos: Tabla con los distintos tipos de Gustos que pueden ser asignados a los Focos y que los peatones tienen un interés definido para cada uno.

- Parámetros del peatón: Conjunto de valores que definen las velocidades, razones para caminar, ángulos de visión,
- Administración: Conjuntos de información necesarios para manejar el modelo desde el entorno de trabajo.

### 3.3.3. Ubicación de Elementos

Es el módulo del sistema que permite ubicar y calcular los elementos que definen las características geométricas del Mundo.

En este módulo se genera la información paramétrica de los límites del espacio a recorrer (Límites y Barreras), los lugares de acceso (Portales), y los puntos de interés (Focos). Para la información sobre la posición de los elementos se toma como base la Geometría dada

### 3.3.4. Generador de Personas

Es el componente donde se definen los peatones de acuerdo a la información contenida en las tablas de acuerdo a parámetros del operador. No forman parte del diseño y deben generarse en forma independiente del mismo.

De las características del peatón se toman:

- Tiempo de entrada al Mundo. A cada peatón se le da un tiempo de entrada que se calcula a partir de la duración de la simulación y la cantidad de peatones.
- Causa por la cual camina. Este dato determina el rango de velocidades del peatón que varía según tablas entre  $0.30 \text{ m/seg.}$  y  $1.50 \text{ m/seg.}$
- Cuanto lo atraerá cada tipo de objeto (gusto) presente en el Mundo. Cada Foco existente en el Mundo tiene asignado un Gusto, y a cada peatón se le asigna en forma aleatoria un valor para cada Gusto. Este valor define cuanto lo atraerá ese gusto en particular.

### 3.3.5. Agregado de Personas.

A partir de las personas generadas y de los datos de ubicación de los Portales se agregan las personas al Mundo. Asignándole un Portal de entrada y otro de salida, y dentro del Portal el punto exacto.

### 3.3.6. Generador de Trayectorias

A partir de los datos de la geometría y de los de cada una de las personas (peatones) se generan las trayectorias que recorrerán en el Mundo, desde el portal de entrada al de salida.

Las trayectorias son inicialmente directas origen - destino, pero al ir avanzando el peatón por la misma, va entrando en el área de influencia de los focos. Cada vez que esto ocurre se verifica si el foco es visible desde esa posición. Si es visible evalúa si es atraído por el Foco; para esto utiliza números aleatorios y los compara con el interés asignado al peatón para ese tipo de foco, ponderado con la velocidad asignada al mismo. Si es atraído modifica su trayectoria, y de esta manera cada vez que se usa la simulación se pueden obtener distintos itinerarios para un mismo peatón.

## 4. Definiciones de los Elementos

De las características del mundo, definido como lugar en el cual va a tener lugar la animación, sólo se analizan las que afectan los desplazamientos de los peatones. Los aspectos que se tienen en cuenta por su impacto sobre los itinerarios son: los límites del espacio, los objetos independientes que se encuentran libres en él, los portales de acceso al mismo y los focos de atracción.

### 4.1. PEATÓN

El caminar es la forma de desplazamiento más natural, la menos onerosa y la más accesible a todos. Según el diccionario Larousse "peatón es aquel que camina a pie, transeunte", su definición está basada en su actividad, viajar por las ciudades.

Para el desarrollo del modelo, de todas las características del peatón, sólo se tienen en cuenta aquellas que se pueden evaluar geoméricamente y se refieren a un individuo que se mueve dentro de una multitud pero que no pertenece ni reacciona como parte de un grupo. Está fuera del alcance del trabajo tomar en consideración aspectos sociales y culturales que afectan la forma de desplazarse.

#### 4.1.1. Definición del Peatón.

Los peatones no pertenecen al Mundo, aunque se mueven en él. Para definir a nuestro peatón se tomaron en cuenta las siguientes características:

- *Es un individuo independiente, pertenece a la multitud pero no forma parte de grupos.*

- Tiene un punto de origen y otro de destino fijos que no cambia.
- Pertenece a un Tipo, que determina el rango de velocidades y la conducta, (entendida esta como cumplimiento de las pautas).
- Tiene la capacidad de esquivar obstáculos, detenerse y cambiar de dirección instantáneamente.
- Están interesados solamente en aquello que está más cerca, en el borde de un pequeño óvalo que lo rodea; lo que está atrás o más allá carece de significación.
- Elige la ruta más corta con menos cambios de dirección hacia el siguiente destino.
- Cuando es indiferente uno u otro sentido gira hacia la derecha para esquivar un obstáculo.
- Conserva la misma velocidad de marcha.
- Mantiene una cierta distancia con respecto a los otros peatones y a los bordes. Cuanto más apurado menor es esta distancia.
- No siempre toman la mejor decisión estratégica.
- Para cada tipo de objeto atrayente que se encuentra en el Mundo tiene un interés específico asignado.

#### 4.1.2. Parámetros del peatón

Los peatones no pertenecen al mundo y los datos que los definen se guardan en tablas, deben generarse cada vez que se modifica cualquier aspecto del Mundo (Límites, Portales, Focos).

Tienen un tamaño físico estimado en 0.21 m<sup>2</sup> (0.66 \* 0.31), y ciertas pautas de conducta definidas en la bibliografía especializada. Cuando se generan los peatones se define:

- IDENTIFICACIÓN DEL AVATAR: Dato unívoco y no repetido.
- MOMENTO DE ENTRADA AL MUNDO: Se obtiene dividiendo el tiempo total de la simulación por la cantidad de avatares.
- PORTAL DE INGRESO: Puede definirse como fijo o elegirse uno cualquiera en forma aleatoria.
- PORTAL DE SALIDA: Puede definirse como fijo, para todos los avatares, elegido al azar entre todos los portales o distinto al de ingreso.
- PUNTOS DE INGRESO Y DE SALIDA: Los portales tienen una magnitud física (ancho) y dentro de ella se produce el ingreso en cualquier punto sobre el mismo, en forma aleatoria.
- GUSTOS. A cada peatón se le asigna en forma aleatoria un interés para cada uno de los tipos de focos que existen en el mundo.
- VELOCIDAD. Esta está dada por el tipo de peatón. Al definir el tipo estamos fijando el rango de velocidades de desplazamiento. Si no se elige el tipo de peatón se asigna uno en forma aleatoria.

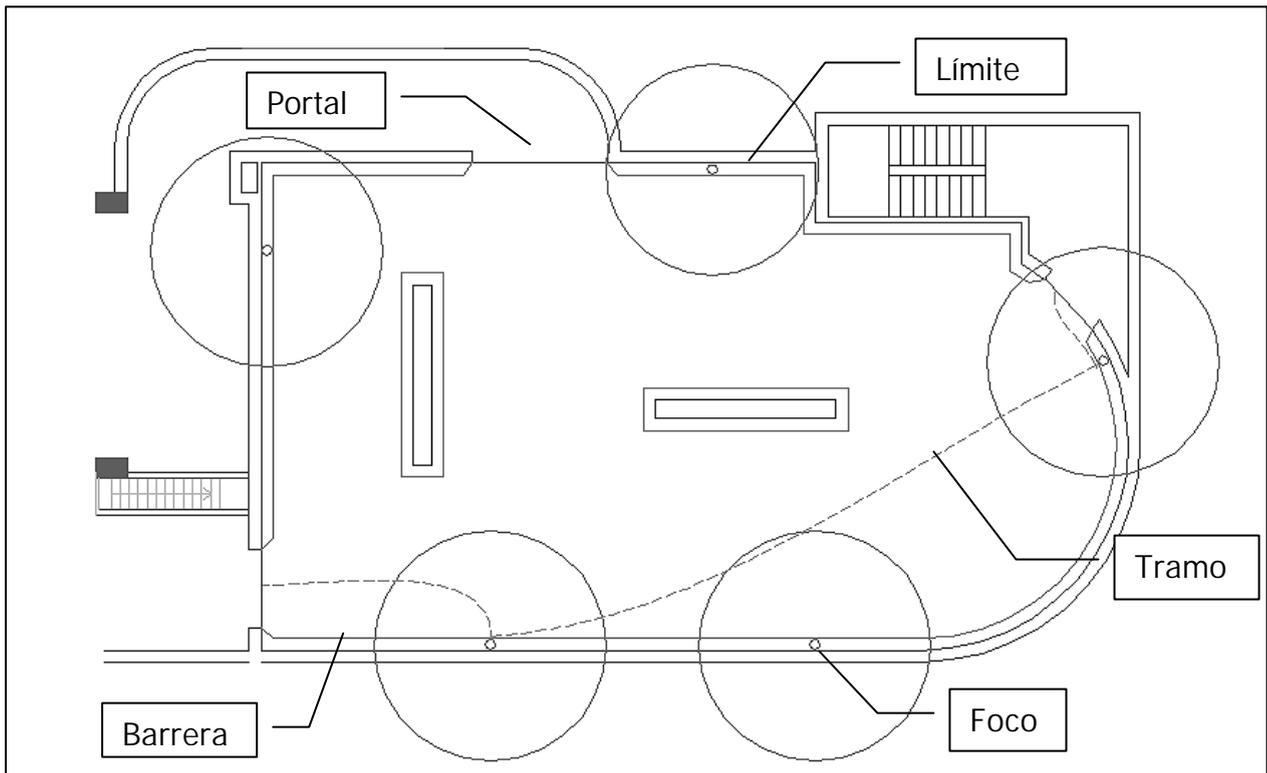
Velocidad	Razón del viaje
1 a 1,5 m/seg.	Trayecto domicilio – trabajo.
0,5 a 1 m/seg	En una zona comercial
< 0,5 m/seg	Paseo

#### 4.1.3. Descripción del peatón dentro del Mundo.

El peatón dentro del Mundo, tomando en cuenta las definiciones previas, está definido de la siguiente manera:

Característica	Tipo	Observaciones
Identificador	Secuencial	Objetos autónomos que recorren el espacio
Posición	Coordenadas x, y, z	Posición <sub>0</sub> (Al entrar en el mundo) coincide con un portal y es el origen del itinerario
Destino	Coordenadas x, y, z	Coincide con un portal
Tipo	Nombre	Trabajo      Compras      Paseo
	Velocidad	1,5 a 1 m/seg.      1 a 0,5 m/seg      < 0,5 m/seg.
Gusto	Nombre	
	Intensidad	Valor entre 0 – 100
Tamaño real	Dimensión	Constante 0.31*0.60 m
Tamaño virtual	Dimensión	Cambia con la situación, densidad peatonal y hora. Determina la distancia a la cual permite que se acerque otro avatar.

## 4.2. Elementos Definidos por el Usuario



## 4.2.2. Límites

**Definición de Límite.**

Se entiende que los límites de todos los objetos del mundo no permiten ser atravesados. Son elementos verticales que pueden contener focos de atracción. Estos objetos incluyen los muros que limitan el espacio y todo el mobiliario urbano y doméstico.

Los límites de los objetos libres son similares a los que delimitan el Mundo pero pueden ser transparentes o tener una altura menor que la línea de visión del peatón.

**Características del Límite**

El programa no puede interpretar por sí mismo las líneas del plano para discriminar los límites que determinan el mundo, de las cotas o el diseño del solado. Por esta razón esa tarea no puede automatizarse y debe indicar cuales son los límites del espacio en el cual se va a trabajar.

El límite del mundo es uno sólo, hace una síntesis de los detalles del perímetro y es opaco. Por su característica de definir el mundo no permite ser modificado. Solo se lo puede cambiar totalmente.

Los objetos que se encuentran libres dentro del Mundo pueden agregarse o quitarse en cualquier etapa. Por esto sus límites pueden agregarse o ser removidos en cualquier momento sin afectar el resto de la información. En estos casos pueden ser opacos o transparentes.

**Descripción del Límite**

Para describir el límite dentro del modelo utilizamos los siguientes elementos. Por tratarse de un objeto gráfico, la descripción solo es un puntero hacia el objeto y no la descripción geométrica del mismo.

Característica	Tipo	Observaciones
Id	Secuencial	Identifica el límite
Objeto	Apuntador	Apunta e identifica a un objeto gráfico.
Opaco	Si / no	Determina si permite ver a través de él.

#### 4.2.3. Portal.

##### Definición de Portal.

En entornos de realidad virtual se los define como: Polígonos o íconos que el usuario atraviesa en los mundos virtuales para acceder a otro espacio. En ellos se encuentra el origen y destino de todos los itinerarios.

Son elementos que no se agregan a la geometría como elementos gráficos, pero su posición debe ser conocida por el generador de personas ya que son los únicos lugares en los que se puede acceder al mundo.

Conceptualmente se trata de elementos puntuales, pero al incluirlos en la simulación y a los efectos del cálculo de las posiciones inicial y final de los peatones se toman como líneas coincidentes con los accesos definidos en la geometría básica.

##### Características del Portal

Los Portales no son elementos gráficos, como los límites, ya que por el manejo que se hace de ellos son datos alfanuméricos, uno de los cuales es una posición en el espacio. A partir de la posición del acceso señalada por el usuario sobre un límite deben hacerse una serie de operaciones geométricas para obtener los datos que se utilizarán en el cálculo de los peatones.

Teniendo en cuenta que los itinerarios representan el eje de las personas, al ancho definido en el diseño debe restársele de cada lado la mitad del ancho de la persona para obtener el punto extremo del Portal y el vector cuya magnitud es el ancho libre de paso.

Los orígenes o destinos de las trayectorias se ubican en un punto calculado sobre el vector que representa el Portal. Para calcular esta posición, es necesario conocer el Punto extremo del Portal y el ángulo que forma el vector con el eje de las X.

##### Descripción del Portal

Para describir un Portal dentro del modelo utilizamos los siguientes elementos. Como no se trata de un objeto gráfico, la descripción incluye la posición en el mundo, y la descripción geométrica del vector que lo representa.

Característica	Tipo	Observaciones
Id	Texto	Identifica el Portal y permite seleccionarlo
Posición	Coordenada X	Posición del extremo del Portal, que se utilizará en los cálculos. No coincide con los datos del Portal real.
	Coordenada Y	
	Coordenada Z	
Ancho	Número	Tamaño calculado del portal a partir del extremo
Angulo		Angulo con respecto al eje X, para localizar puntos sobre el Portal

#### 4.2.3. Focos

##### Definición de Foco

Denominamos Focos a los Objetos del mundo que tienen la característica de atraer o repeler a los peatones y de esa manera modificar la trayectoria seguida por el peatón para llegar a su destino. La presencia de los focos agrega al mundo un elemento que actúa en forma aleatoria para modificar esas trayectorias cada vez que el peatón entra al mundo.

##### Características del Foco

La posición y características de cada uno de estos Foco son definidos por el usuario y deben agregarse a los objetos del mundo para que al calcular los itinerarios sean considerados. En el momento de agregar un foco el usuario determina el tipo al que pertenece, eligiéndolo entre los definidos para ese modelo.

Los focos pueden agregarse, quitarse o moverse, o cambiar su atractivo, para estudiar el efecto que causan estas modificaciones en los recorridos.

Cada Foco tiene una distancia óptima de observación, desde la cual se lo aprecia. Esta distancia es

fijada en el momento de agregar el Foco.

Si tomamos en cuenta cual de los sentidos del hombre es atraído podemos considerar:

**- Focos visuales.**

Afectan al sentido de la vista, en esta clasificación entrarían los carteles, opacos y luminosos, las luces, vidrieras y cuadros.

**- Focos auditivos.**

Afectan al sentido del oído, en esta clasificación entrarían las sirenas, altavoces, músicas, ruidos varios, que puedan producir curiosidad o rechazo.

**- Focos térmicos.**

Afectan al sentido del tacto, en esta clasificación entrarían las fuentes de calor o frío, tales como estufas, y equipos de aire, que en ciertas condiciones ambientales atraen o producen alejamiento.

**- Focos olfativos.**

Afectan al sentido del olfato, en esta clasificación entrarían los perfumes, olor de comidas, o desagradables como los desperdicios.

Si tomamos en cuenta sus características propias podemos clasificarlos en Activos y Pasivos.

**- Focos activos.**

No es necesario que sean visibles desde la posición del observador para registrar su presencia. Los Focos activos son los que tienen accionan sobre los sentidos activamente, es la característica fundamental de los Focos auditivos. También presentan estas características las luces intermitentes, los carteles luminosos y las banderas ondeantes.

**- Focos pasivos.**

Para que el observador registre su presencia deben ser visibles desde su posición. No emiten luz propia ni sonido.

Podemos también clasificarlos según su situación en Focos estáticos y Focos dinámicos.

**- Focos estáticos.**

Su característica es que no se modifica su posición, la mantienen constante. Se ubican sobre los límites y tienen un radio de atracción que varía con el interés que despierta ese foco. Pueden ser identificados con: carteles, ventanas, cuadros, estatuas, vidrieras, etc.

**- Focos dinámicos.**

Son objetos en movimiento dentro del mundo, que ejercen algún tipo de atracción sobre los peatones. En el caso de este trabajo que está acotado a espacios exclusivamente peatonales, los únicos focos dinámicos que pueden existir son los mismos peatones, que pueden dentro de ciertas circunstancias atraer a otros.

El manejo de estas variables es completamente distinto al resto ya que las posiciones del peatón foco y del peatón atraído cambian constantemente.

Pueden ser manejadas con fórmulas propias de la física, del área de la cinemática, por ejemplo las leyes de Newton [12] [13] y las usadas en balística, y están fuera del alcance de este trabajo.

### Descripción del foco

En el modelo se utilizan Focos de tipo visible, pasivos y estáticos. Por tratarse de un objeto gráfico, la descripción solo es un puntero hacia el objeto y no la descripción geométrica del mismo, de la misma manera se identifica el límite sobre el que se encuentra.

Característica	Tipo	Observaciones
Id	Secuencial	
Objeto	Apuntador	Apunta e identifica a un objeto gráfico.
Gusto		Gusto al que atrae
Límite	Apuntador	Identifica el límite al que pertenece el foco
Distancia		Distancia óptima de observación

### 4.3. Elementos Calculados

Los elementos auxiliares los calcula el proceso a partir de los peatones y de los elementos definidos por el usuario. Se utilizan como herramientas necesarias para realizar los cálculos y poder definir los itinerarios.

#### 4.3.1. Barreras.

##### Definición de Barrera.

Los límites definidos para el Mundo no se corresponden con los bordes del espacio recorrible por las trayectorias que representan al peatón en el Mundo. Cuando se define un itinerario se lo hace con una línea que representa el eje de la persona. Pero las personas tienen un tamaño físico que debe ser considerado, el itinerario no puede acercarse al límite a menos distancia que la mitad del ancho estimado de una persona.

Como consecuencia de esto, una vez que se han definido los límites del Mundo, debe delimitarse el espacio efectivamente recorrible por los avatares. Para definir este espacio se generan automáticamente nuevos objetos, paralelos a los límites, a las que denominamos barreras, que delimitan el espacio en el que puede moverse el peatón.

##### Características de la Barrera.

Estas líneas están desplazadas la mitad del ancho de la persona hacia el espacio a considerar, en el caso de los límites exteriores hacia adentro de él y en el de los objetos interiores hacia afuera de los mismos. O sea en ambos casos hacia el espacio interior del Mundo. El espacio recorrible a considerar, siempre es menor que el definido por el diseño.

Como el Portal representa los puntos de acceso al Mundo, Al agregarlos cambia la forma de la Barrera y deja de corresponder a la forma del límite. Frente a los portales la barrera se modifican, hasta coincidir con los Portales, para permitir el paso del peatón.

Los Focos de atracción se ubican sobre los límites, por lo que siempre están fuera del espacio delimitado por las barreras. Estas no permiten ser atravesadas pero son transparentes, permiten ver a través de ellas.

##### Descripción de la barrera

Para describir la barrera dentro del modelo utilizamos los siguientes elementos: por tratarse de un objeto gráfico, se lo define como un puntero hacia el objeto y no la descripción geométrica del mismo, también mediante un puntero identificamos a que límite pertenece.

Característica	Tipo	Observaciones
Id	Secuencial	Identifica la barrera
Objeto	Apuntador	Apunta e identifica a un objeto gráfico barrera.
Límite	Apuntador	Identifica el límite al que pertenece la barrera.

#### 4.3.2. Tramos

##### Definición de tramo.

Cada vez que un objeto se mueve a través del Mundo describe una trayectoria, es el camino visible que recorre durante su desplazamiento. Es el recorrido que seguirá cada peatón en el mundo.

En principio la trayectoria de cada peatón está formada por un solo tramo. Al ser atraído por un Foco se van produciendo cambios de dirección que van dividiendo la trayectoria en tramos.

##### Características del Tramo.

Se genera cada vez que comienza la simulación. Tienen un Nodo origen y otro destino y puede tener nodos intermedios.

Cada tramo se diferencia del anterior por un cambio de dirección o destino. Los tramos siguen curvas de tipo splines, que se generan a partir de puntos de control (Nodos) y las tangentes geométricas inicial y final.

Comienza y termina en un nodo. El Nodo\_Inicial del primer tramo de cada Itinerario se encuentra sobre

el Portal de ingreso, y el Nodo\_Final del último tramo sobre el Portal de Salida.

Los *Nodos* son puntos de control por donde pasa la trayectoria. Corresponden a los puntos iniciales y finales de todos los tramos y a los puntos donde se produce un cambio en la dirección.

#### Descripción del Tramo.

Para describir el tramo dentro del modelo utilizamos los siguientes elementos. Por tratarse de un objeto gráfico, la descripción solo es un puntero hacia el objeto y no la descripción geométrica del mismo. Cada tramo está asignado a un avatar. Como las trayectorias se generan cada vez, no se guardan en forma permanente.

Característica	Tipo	Observaciones
Avatar		Identifica al avatar
Objeto	Apuntador	Apunta e identifica a un objeto gráfico (spline).

#### 4.4. Itinerarios.

El resultado de la simulación son los itinerarios. El Itinerario es la trayectoria de cada peatón en el Mundo. Es el conjunto de todos los tramos que va recorriendo, con el agregado de la variable tiempo.

Cada peatón recorre el Mundo siguiendo un itinerario, en un tiempo determinado. El tiempo se refiere al momento de entrada del peatón al mundo, el tiempo que tarda en recorrer cada tramo y los tiempos de detención al ser atraído por un Foco. Es el conjunto de las posiciones que va a ocupar en cada unidad de tiempo.

#### Definición de Itinerario.

Cada peatón recorre el Mundo siguiendo un itinerario, en un tiempo determinado. El tiempo se refiere al momento de entrada del peatón al mundo, el tiempo que tarda en recorrer cada tramo y los tiempos de detención al ser atraído por un Foco. Es el conjunto de las posiciones que va a ocupar en cada unidad de tiempo.

#### Características del Itinerario.

Se genera cada vez que se usa el modelo. El itinerario es el conjunto de las posiciones que ocupa el peatón en el mundo por unidad de tiempo.

Cada uno tiene un tiempo inicial, que coincide con el momento de entrada del peatón al Mundo, o sea que se asignó al generar el avatar. Las posiciones en cada unidad de tiempo se obtienen a partir de la velocidad del avatar al recorrer cada tramo.

Al ser atraído por un foco se produce una detención, o sea hay una serie de posiciones coincidentes. Cuando dos peatones van a coincidir en una posición el segundo que se calcula disminuye su velocidad.

El momento de salida del mundo depende de la longitud del trayecto, de los tiempos de detención y la velocidad del Peatón.

#### Descripción del Itinerario.

Para describir el itinerario dentro del modelo utilizamos los siguientes elementos. Como no se trata de objetos gráficos, la descripción incluye la identificación del peatón, la unidad de tiempo y la posición en el Mundo.

Característica	Tipo	Observaciones
Avatar		Identifica al Peatón
Tiempo	Secuencial	Unidad de tiempo utilizada.
Posición	Coordenada X Coordenada Y	Posición del avatar.

Los itinerarios no se guardan en forma permanente entre de la información propia del modelo, sino que si interesa conservarlos se almacenan en archivos externos.

#### 4.5. Relaciones

Una vez que se han definidos los peatones y los elementos del mundo con sus características básicas. Las relaciones entre ellos determinan las pautas que permitan generar las trayectorias de cada avatar

Podemos clasificar las relaciones en:

- **Constructivas:** Son el conjunto de relaciones que vinculan a los elementos del Mundo.
- **De los Peatones:** Son el conjunto de relaciones que vinculan al Peatón con los elementos del Mundo y determinan el modelo.
- **De los Tramos:** Son el conjunto de relaciones entre el Tramo y los elementos del Mundo.

##### 4.5.1. Relaciones Constructivas

Establecen los vínculos entre los elementos del Mundo y permiten definir las características geométricas del mismo y sus inter relaciones.

- Anchura . Portal – Peatón .

Teniendo en cuenta que los itinerarios coincidirán con los ejes de las personas, al ancho definido en el diseño debe restársele de cada lado la mitad del ancho de la persona para obtener el punto extremo y el ancho libre de paso.

- Modificación . Portal – Barrera .

Cuando se define un Portal se modifica la Barrera, correspondiente al límite donde se encuentra, que debe modificarse para permitir el paso del peatón.

En el ancho del Portal la barrera coincide con el límite. Para facilitar el paso, la unión entre el trazado viejo de la barrera y este tramo agregado no se hace perpendicular a el Límite, sino utilizando un ángulo abierto de 45°.

- Paralelismo . Límite – Barrera .

La barrera guarda con los límites una relación de paralelismo, que debe conservarse. Límites y Barreras son paralelos, pero no como líneas sino como figuras, en ningún momento se tocan.

- **Pertenencia**

Las relaciones de pertenencia vinculan el límite con los elementos del Mundo.

- . Límite – Portal .

Los Portales deben definirse sobre un Límite, por lo que se identifica la barrera en la que se ubica aunque no pertenezca a él.

- . Límite – Foco .

Cuando se posiciona un Foco en el Mundo este se ubica próximo al Límite al que pertenece, en el espacio que media entre ese Límite y la Barrera correspondiente.

- . Límite – Barrera .

El programa no puede diferenciar uno de otro por lo que deberá indicársele como dato a priori el carácter del límite que se está definiendo y cada barrera corresponderá a un límite.

##### 4.5.2. Relaciones de los peatones.

Las relaciones entre el Peatón y los elementos de la geometría son las que permiten llegar a definir el modelo. Vinculan al Peatón, objeto de este trabajo, con los elementos del Mundo que va a recorrer. Las relaciones del Peatón cumplen con las características definidas para el mismo en el modelo.

- Atracción . Foco – Peatón .

Por definición el peatón tratará siempre de seguir el recorrido más directo, la ruta más corta entre origen y destino. Pero está trayectoria es modificada cuando algo llama su atención atrayéndolo. En este trabajo se consideran que los focos de atracción son estáticos.

- Espera . Foco – Peatón .

Cuando un peatón es atraído por un Foco se produce una espera, un tiempo de detención, que varía según el interés del peatón por ese tipo de foco y ese foco en particular.

- Ingreso . Portal – Peatón .  
Los Portales son los únicos lugares de acceso al Mundo. Al agregar un Peatón al Mundo se define en que Portal ingresará y un punto ubicado sobre un Portal donde se producirá la entrada.
- Interés . Foco – Peatón .  
Cada peatón tiene asignado un interés para cada tipo de foco, si el atractivo del foco es menor que el interés del Peatón no lo atraerá.
- Obediencia . Interés – Peatón .  
Según aumenta la velocidad del peatón (apuro). Disminuye la posibilidad de ser desviado de su destino al ser atraído por un Foco.
- Visión . Portal – Peatón .  
Para que un Foco atraiga al avatar debe estar visible desde la posición del peatón, o sea no debe haber ningún límite en la línea de visión, entre la posición actual del peatón y el Foco.

#### 4.5.3. Relaciones de los tramos.

Son el conjunto de relaciones que vinculan el tramo con los elementos del Mundo. A través de estas relaciones se determina el trazado que tomará cada tramo.

- Borde . Barrera – Tramo .  
Como las personas tienen un tamaño físico que debe ser considerado, (según tablas 0.61 cm de ancho)[5], y las trayectorias representan el eje del peatón; estas no pueden acercarse a los límites menos que la mitad del ancho de las personas. El Peatón no puede atravesar la barrera.
- Choque . Límite – Tramo .  
Cuando el trazado de un tramo intersecta un límite debe esquivarlo, para poder llegar a su destino. Para decidir la dirección calcula la ruta más corta al destino. Si ambos lados son indistintos gira hacia la derecha.
- Dirección . Límite – Mundo - Tramo .  
Una vez definidos los límites del espacio debe identificarse hacia cual dirección se encuentra el interior del Mundo, espacio recorrible. Si consideramos un Límite exterior el Mundo se encontrará adentro del mismo. Si consideramos un objeto interno estará afuera.
- Interior . Portal – Tramo .  
Para poder trazar las trayectorias debe determinarse hacia que lado del Portal se encuentra el interior del Mundo.
- Llegada  
Define el ángulo desde la que se va a arribar a un elemento.
  - . Tramo – Foco .  
El peatón siempre llega de frente al Foco, en forma perpendicular al Límite al que pertenece.
  - . Tramo – Portal .  
El peatón siempre llega de frente al Portal, en forma perpendicular al Límite al que pertenece.
- Partida . Tramo – Portal .  
El peatón entra al Mundo en un punto ubicado sobre un Portal y con un ángulo perpendicular al mismo y en dirección al interior del Mundo.
- PartidaF . Tramo – Foco .  
Si el tramo comienza en un Foco, cuando el peatón parte y deja de ser atraído por él lo hace en forma paralela al Límite al que pertenece el Foco y en dirección a su destino.  
Para determinar la dirección se analizan las posiciones relativas del Foco y del final del tramo. La dirección de la tangente será opuesta al punto de destino.

## 5. Exportación de las Posiciones.

El modelo que se desarrolló se utiliza como comprobación de los supuestos planteados. Las posiciones resultantes podrán utilizarse en otra aplicación orientado a generar animaciones.

- Para que la información generada por el sistema pueda ser usada por otros programas se exportan los resultados. Dada la gran variedad de programas existentes para generar animaciones y a fin de facilitar la transferencia de la información, se pueden exportar los itinerarios como líneas o archivos de texto con el listado de las posiciones.

- Archivos de texto

Se eligieron estos formatos y estructuras de archivos por ser genéricos pero a partir de los datos pueden generarse archivos de texto (ASCII) con cualquier estructura.

### 5.1. Exportar como Líneas.

Para exportar los itinerarios como líneas se optó por el formato MetaFile. Los archivos de este tipo son una combinación de archivos raster y vectoriales. Gracias a la difusión de los productos de Microsoft, el Windows MetaFile se convirtió en un standard reconocido por la mayoría de las aplicaciones aún por aquellos que no pertenecen a Microsoft, por lo que son muy portables.

Elegimos generar un archivo separado para cada uno de los itinerarios, con el nombre "expn.wmf", (la extensión es propia del formato), y que contiene los splines que forman el itinerario.

### 5.2. Exportar como archivo ASCII

El formato ASCII es un standard reconocido por todas las aplicaciones, por esa razón se eligió para exportar los datos de las posiciones por unidad de tiempo.

Se desarrollaron dos formas de exportar las posiciones en formato ASCII:

#### 5.2.1. Archivos Separados.

Se genera un archivo separado para cada uno de los itinerarios, con el nombre "DATAn.DAT", (la extensión no es propia del formato), y que contiene las posiciones que ocupa el avatar en cada unidad de tiempo y que forman el itinerario.

En este caso el primer dato del archivo es el tiempo inicial y luego los datos de cada una de las posiciones X e Y, las posiciones se manejan con una precisión de 14 decimales. Para marcar el fin de archivo se colocan como señal las posiciones -100 para los dos valores.

### Estructura del archivo.

Dato	Tipo	Observaciones
Tiempo	Numérico	Momento de entrada al Mundo del avatar.
Posición $X_0$	Numérico	Posición <sub>0</sub> (Al entrar en el mundo) coincide con un portal y es el origen del itinerario
Posición $Y_0$	Numérico	Posición <sub>0</sub> (Al entrar en el mundo) coincide con un portal y es el origen del itinerario
Posición $X_n$	Numérico	Posición <sub>n</sub> Para cada posición sucesiva se guarda la coordenada X
Posición $Y_n$	Numérico	Posición <sub>n</sub> (Para cada posición sucesiva se guarda la coordenada Y

#### 5.2.2. Archivo Completo.

Planteamos la posibilidad de manejar toda la información generada por la simulación en un solo archivo. En este caso estructuramos la información en registros cuyos datos se separan con comas para facilitar la lectura por otros programas, incluso puede abrirse con Microsoft Excel para analizarlo. Por contener los datos de todos los itinerarios es necesario en cada registro indicar el tiempo y avatar además de las posiciones X e Y.

Para este archivo fijamos el nombre "TOTAL.CSV". El archivo tiene un registro para cada unidad de tiempo que los peatones se encuentra en el Mundo.

### Estructura de cada registro.

Dato	Tipo	Observaciones
Tiempo	Numérico	Momento de entrada al Mundo del avatar.
Avatar	Numérico	Identificador del Peatón.
Posición X	Numérico	Posición <sub>x</sub>
Posición Y	Numérico	Posición <sub>y</sub>

## 6. Elección del Entorno de Trabajo

El objetivo de la tesis es plantear las reglas y usar la programación como un método de validación de los supuestos. Por eso no se buscó una optimización del rendimiento de la programación, sino que está pensada como una herramienta de análisis, para llegar a la resolución del problema.

### 6.1. Requerimientos del Lenguaje

Se plantearon como requerimientos básicos de trabajo:

- La necesidad de guardar la información en forma permanente, para mantenerlos fijos entre varias sesiones de trabajo.
- Tener la capacidad de guardar la información alfanumérica en forma independiente de los gráficos, con el fin de poder ingresar, modificar y analizar los mismos en forma independiente de la base gráfica.
- Que el tiempo necesario para llegar a la implementación del mismo no superare la extensión de la tesis

### 6.2. Características a cumplir

A partir de estos requerimientos básicos se plantearon las características que debía cubrir el lenguaje a seleccionar:

- Manejo de primitivas gráficas (línea, puntos, curvas, y fundamentalmente splines)
- Contar con herramientas geométricas, que permitieran hacer cálculos sobre las primitivas y modificar sus atributos.
- Capacidad para interactuar eficientemente con Bases de Datos alfanuméricas externas.
- Facilidad de generación de la aplicación.
- Facilidad de desarrollo, depuración e implementación.

### 6.3. Entornos Evaluados.

Se evaluaron distintas posibilidades dentro de los lenguajes y dentro de las herramientas de programación de los productos gráficos. En el análisis se tuvo en cuenta además la posibilidad de encontrar bibliografía y apoyo en el desarrollo, buscando la combinación más eficiente de todos estos factores.

Se evaluó primeramente trabajar en el entorno Vrml que es el lenguaje de modelización de realidad virtual, y es el standard, para el tema, en Internet. Tiene desarrolladas las operaciones en tiempo real y herramientas para detectar colisiones, trazado de volúmenes, pero no geométricas ni de acceso a bases de datos. Interactua con JAVA, lenguaje basado en la filosofía cliente servidor, orientado a objetos. Existe mucha bibliografía y el tema está ampliamente difundido en Internet. No tengo conocimientos de ninguno de los dos.

Luego se estudió la posibilidad de trabajar de lenguaje de programación de propósito general como C++ y Visual Basic

En ambos casos considerados, para ser operativos requieren el uso de librerías especializadas. En el caso del C++ interactua 3DSTUDIO MAX, y AUTOCAD, es un lenguaje muy amplio y la curva de aprendizaje es muy marcada. El VISUAL BASIC trabaja con AutoCad, y maneja naturalmente las bases de Datos con el controlador DAO 3.5

Luego se estudiaron distintos productos comunes en el medio cada uno de los cuales se acerca al problema de la modelización desde distinta óptica. **AutoCad Ver 14.**, **3Dstudio Max** y **Director**, y dentro de cada uno cuales lenguajes de programación maneja y sus características.

- **Director** Es el programa utilizado para hacer presentaciones en multimedia. Maneja muy bien las animaciones y la creación de pasos intermedios

Trabaja sólo en dos dimensiones y utiliza un lenguaje propio llamado **LINGO**. Maneja los elementos gráficos como mapas de bits., No provee acceso a Bases de Datos externas ni capacidad de cálculo.

- **3Dstudio Max** es el producto más usado para realizar animaciones y perspectivas de obras de arquitectura, es plenamente compatible con AUTOCAD, pertenecen a la misma empresa. Para incluir personas en las animaciones tiene agregado el Character Studio que tiene dos módulos principales el Physic, para trabajar sobre la apariencia de los avatares y el Biped que trabaja a partir de las secuencias de pasos creadas internamente o importadas desde un archivo de tipo \*.stp.

Tiene un lenguaje propio de programación SCRIPT, orientado a objetos, con una estructura similar al C++. Permite desarrollar Plug-IN usando C, C++ y Visual C++.

- **Autocad:** Es el entorno donde se elaboran la mayoría de los trabajos de diseño, obras de arquitectura e ingeniería. Fue pensado originalmente como herramienta de desarrollo y no como el producto de usuario final en que finalmente se transformó. Maneja las primitivas y tiene las herramientas necesarias para hacer operaciones geométricas.

Tiene una arquitectura abierta que permite personalizaciones, las API (interfaces de programación de aplicaciones):

- **AutoLisp**, una implementación del lenguaje Lisp, que es parte integral del AutoCad, es el que provee más fácil manejo y mayores herramientas geométricas pero solo calcula intersecciones entre líneas rectas.

- **ActiveX Automation** que permite acceder y controlar objetos de AutoCad desde las aplicaciones que trabajan como Automation Controller, típicamente Visual Basic, lo cual provee acceso a los controladores DAO.

- **Object ARX** con este módulo se crean aplicaciones utilizando librerías C++. Estas aplicaciones deben compilarse obligatoriamente con Microsoft Visual C++ ver 4.2b.

#### 6.4. Resultados de la Evaluación

Tomando en cuenta los factores previamente expuestos se decidió de utilizar AutoCad y Visual Basic para el desarrollo del trabajo, por ser una herramienta y lenguaje conocidos, y el que permitía llegar más rápidamente a la etapa de comprobación de los supuestos planteados.

En un principio se usó la versión 14.0 de AutoCad, que tiene incluido, como opcional un módulo de VBA (Visual Basic for Applications). Esta última es solamente una versión de evaluación, sin estabilidad. De la investigación el tema surgió la existencia de una versión limitada de AutoCad (ver 14.01), que tiene incluido un módulo de VBA más desarrollado y con mejor manejo de objetos, primitivas gráficas y acceso a datos. Esta versión es la que se usó finalmente.

## 7. Proceso.

### 7.1. Definición de Tablas de Parámetros

Una tarea previa a poder operar con el programa es definir la tabla Datos. Esta tabla contiene información necesaria para la administración del sistema: Cantidad de veces que se ingresa al mismo y versión de AutoCad utilizada para el Visual Basic For Application. Es la información que el usuario no necesita manejar por lo que no se prevé genera una interface.

La tabla Gustos también contiene información que debe ser almacenada previamente, contiene la identificación y descripción de los distintos gustos disponibles en el Mundo. Dada las características de esta información y su baja volatilidad, se accede a la misma, de ser necesaria su modificación, mediante la utilización de Access.

### 7.2. Ubicación de Elementos.

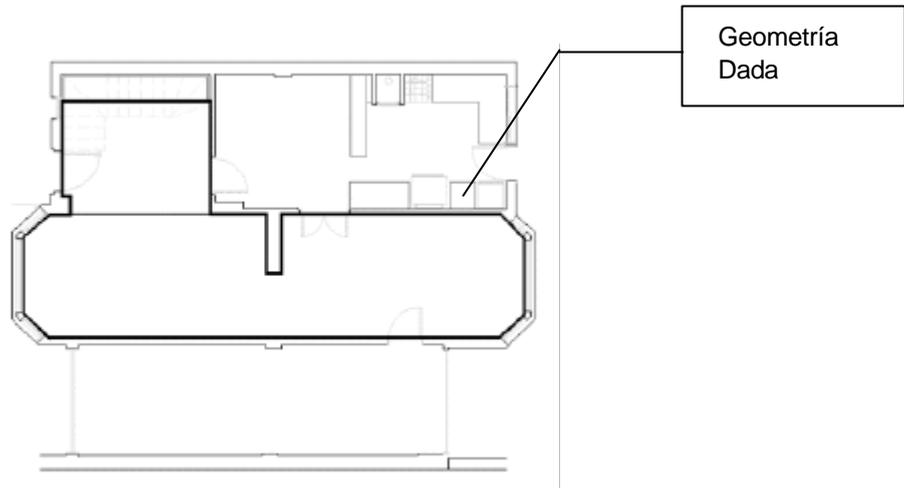
Cuando el usuario comienza a usar la simulación define sobre los planos del edificio (GEOMETRÍA DADA), los Límites del Mundo a recorrer y el sistema calcula las barreras correspondientes. Una vez definidos estos elementos se indica la posición y ancho de los portales de acceso. Una vez que define la información geométrica del espacio, puede agregar los Focos de interés.

#### 7.2.1. Definición del Límite

Sobre una geometría básica se definen los bordes del espacio a recorrer y se agregan como objetos al

dibujo. Es necesario diferenciar los límites del espacio de los de los objetos libres, pues en el primer caso se elimina la información de todas las tablas asociadas, y la barrera se genera hacia adentro. En el segundo caso la información se agrega a la existente y las barreras se generan hacia afuera. Para que el sistema pueda diferenciar los límites del espacio de los de los objetos libres se define que tipo de límite se va a agregar en cada momento.

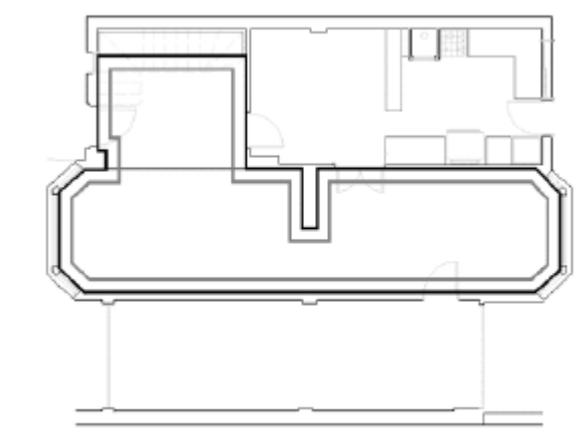
Para definir el Límite se van señalando puntos en los vértices de los objetos que se van a definir. El último punto se marca con el botón derecho del mouse para indicar terminación.



#### 7.2.2. Cálculo de Barreras

Cuando el usuario termina de definir el Límite, el programa identifica el lado hacia el cual va a realizar la copia del perfil definido, a la distancia establecida como la mitad del ancho de una persona. Si el Límite corresponde al Mundo, la Barrera se genera hacia adentro del mismo, sino hacia afuera. Se agregan como Objetos al Dibujo y se guardan los Punteros hacia los mismos.

Es necesario indicar a partir de que límite se generó la Barrera porque dependiendo del perfil pueden generarse barreras formadas por más de un objeto.



#### Verificación de relaciones que afectan al límite.

- {DIRECCIÓN} A partir de la poligonal cerrada que representa al Límite identifica el lado interior del mismo, para configurar el espacio recorrible.
- {PARALELISMO} Las barreras son paralelas al límite, pero no como líneas sino como figuras.

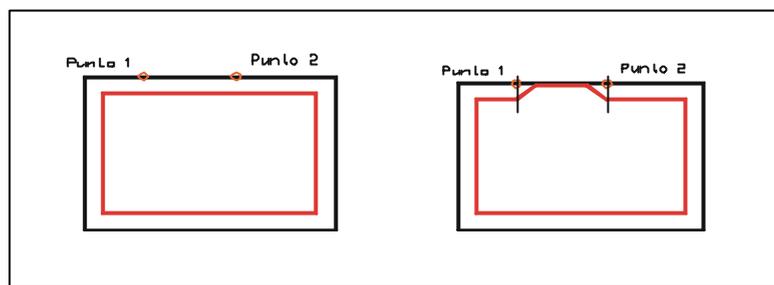
### 7.2.3. Agregado Portales

Una vez que se definieron los límites del Mundo y de los objetos libres; se puede señalar la posición de los Portales. Estos no se agregan como elementos al dibujo pero su información es guardada en la tabla correspondiente. Lo que aparece en el dibujo es la modificación que se produce en la Barrera en la posición del Portal.

Para agregar un Portal el usuario señala los extremos del acceso sobre el Límite y el sistema calcula la ubicación de los extremos del Portal que va a considerar ( quitándole la mitad del ancho de la persona de cada lado, para definir el ancho libre de paso).

Como la presencia de un Portal modifica la Barrera, se determina cual es la barrera que corresponde a ese Límite y se traslada la posición dada por el operador, hacia las barreras en forma perpendicular al lado del límite que corresponda. Para eso se trazan líneas giradas 90° con respecto al ángulo del límite, para luego buscar entre cuales vértices de la barrera, se produjo la intersección.

Se calcula la posición del primero de los nuevos vértices en esa intersección, el segundo sobre el extremo calculado del portal, el tercero en el otro extremo del ancho libre de paso, y el último otra vez sobre la barrera coincidiendo con la proyección del extremo del portal dado por el operador.



#### Verificación de relaciones que afectan al Portal.

- {ANCHURA} Teniendo en cuenta que los itinerarios coincidirán con los ejes de las personas, al ancho definido en el diseño debe restársele de cada lado la mitad del ancho de la persona para obtener el punto extremo y el ancho libre de paso.
- {PERTENENCIA} Los Portales deben definirse sobre un Límite, por lo que se identifica la barrera en la que se ubica aunque no pertenezca a él.
- {MODIFICACIÓN} Cuando se define un Portal se modifica la Barrera, correspondiente al límite donde se encuentra, que debe modificarse para permitir el paso del peatón. En el ancho del Portal la barrera coincide con el límite. Para facilitar el paso, la unión entre el trazado viejo de la barrera y este tramo agregado no se hace perpendicular al Límite, sino utilizando un ángulo abierto de 45°.

### 7.2.4. Agregado de Focos.

Para agregar un Foco primero se selecciona el tipo de Gusto al que pertenece, y se define la intensidad de la atracción que tendrá.

Con esta información se ubica el Foco en el Mundo en el espacio que media entre Límite y Barrera. A partir de la posición del Foco el programa encuentra a que Límite está asociado. Agrega los objetos al dibujo y guarda los Datos

#### Verificación de relaciones que afectan al Foco.

- {PERTENENCIA} Cuando se posiciona un Foco en el Mundo este se ubica próximo al Límite al que pertenece, en el espacio que media entre ese Límite y la Barrera correspondiente.

### 7.3. Definición del Peatón.

Para generar a los peatones se utiliza la información de tablas, parámetros y otra aportados por el usuario. Los componentes: cantidad de peatones y duración de la simulación son de ingreso obligatorio. Si los demás datos no se ingresaron el programa toma valores al azar dentro del rango de valores posibles para cada caso.

#### 7.3.1. Determinados por el usuario:

- CANTIDAD DE PEATONES: Dato de Ingreso indispensable
- DURACIÓN DE LA SIMULACIÓN: La duración de la simulación segundos El Intervalo entre Peatones se obtiene dividiendo la cantidad de peatones por la duración de la simulación

- RAZÓN PARA DESPLAZARSE: puede elegir entre Paseo, Compras o Trabajo.
- PORTALES: El usuario puede seleccionar.
  1. Acceso y Destino diferentes.
  2. Acceso fijo.
  3. Destino fijo.

### 7.3.2. Determinados por el sistema:

- INTERVALO: Cada cuantos segundos entra un peatón en el Mundo. Se obtiene dividiendo la duración de la simulación por la cantidad de peatones.
- TIEMPO DE ENTRADA: Para obtener el tiempo de entrada de cada peatón se le suma al tiempo de entrada del anterior el intervalo.
- PORTALES: Si el Usuario no selecciona ningún criterio el sistema le asigna, entre todos los existentes uno al azar, para el acceso y otro para la salida, que puede ser el mismo.
- SELECCIÓN DEL PUNTO DE INGRESO O DESTINO : Como el Portal puede tener cualquier ancho y el ingreso, o salida, no tiene por que ser en el punto medio, una vez que se seleccionó el Portal se lee la Información del mismo de la tabla PORTALES, para calcular un punto ubicado sobre el mismo, donde se fijarán los Nodos.
- VELOCIDAD: La velocidad con la que se desplazará el peatón en el Mundo depende de la razón por la que camina. Si se selecciona Trabajo se asigna una velocidad entre 1 y 1.5m/seg., si elige Compras entre 0.5 y 1 m/seg. y en el caso de Paseo velocidades desde 0.3 a 0.5 m/seg..
- ASIGNACIÓN DE GUSTOS: Para cada Gusto existente en el Mundo se le asigna, al Peatón, un interés en forma aleatoria. y se guardan los datos en la Tabla GustosPeaton

### 7.3.3. Almacenamiento de la Información.

Si el usuario selecciona «Eliminar peatones anteriores», se vacían las tablas Peaton y GustosPeaton, sino se agregan a los registros existentes. Una vez que se calcularon todas las características del Peatón se guardan sus características en la tabla PEATON, y el interés que se le asignó para cada Gusto definido para el Mundo.

### Verificación de relaciones que afectan la generación del Peatón.

- {INGRESO} El peatón ingresa al Mundo en un Punto ubicado sobre un Portal, previamente seleccionado.

### 7.4. Trazado de las Trayectorias.

Con la información aportada por los módulos anteriores el sistema calcula la trayectoria que recorrerá cada peatón para atravesar el Mundo. En principio el trazado está formado por un solo tramo (P\_Ingreso – P\_Salida) pero según es atraído por los focos se van multiplicando los tramos.

Para definir las trayectorias de cada peatón al recorrer el Mundo, ejecuta el siguiente proceso.

- Comienzo
- Revisa Nodos
- Posición Inicial
- Trazado del Tramo
- Choques
- Atracción
- Trazado del Tramo
- Choques
- Verifica

Cuando el Peatón llega a Destino, Se guardan los datos del Tramo (Peatón, apuntador y que posición ocupa el tramo en la trayectoria del Peatón).

#### 7.4.1. Comienzo

Hace las tareas iniciales para cada peatón, asigna las variables y construye la Lista\_Nodos inicial.

- Lee la información del Peatón de la tabla.
- Coloca las posiciones de los nodos Acceso y Destino en la Lista\_Nodos.
- Le asigna al Nodo Final el valor del Nodo Acceso.

#### 7.4.2. Revisa Nodos.

Se utiliza como control para verificar si el Peatón llegó a su Destino o comienza un nuevo tramo de la misma trayectoria.

- Verifica que el Nodo Final sea distinto que el Nodo Destino.
- Asigna a Final el valor de Destino.

#### 7.4.3. Posición Inicial.

Verifica si el Nodo ACCESO está dentro del área de atracción de un Foco. Si se cumplen las condiciones, modifica la Lista\_Nodos.

- Calcula la distancias desde ACCESO a cada uno de los Focos.
- Verifica si la distancia es menor que el radio de interés del Foco.
- Si el Foco atrae al Peatón, asigna a FINAL la posición del FOCO, y reemplaza DESTINO por FOCO en la LISTA\_NODOS.

Si ningún Foco atrae al Peatón y el Portal de Acceso y el de Destino son iguales, agrega la posición de un Foco, elegido al azar, en la segunda posición de la Lista\_Nodos.

#### Verificación de relaciones que afectan que se ve.

- {CONDUCTA} Los Peatones tienen una velocidad de desplazamiento según el carácter de su viaje. Para verificar la atracción, en cada caso se calcula un número al azar entre 0 y 1. este valor es multiplicado por la velocidad del peatón. Cuando la velocidad es menor a 1, aumentan las posibilidades de ser atraído y viceversa.
- {INTERES} Todos los peatones tienen un interés asignado para cada tipo de Foco. Si el valor de la conducta es menor que el interés asignado se considera que atrae al peatón
- {BORDE} El Peatón no puede cruzar la Barrera y el Foco está fuera del área recorrible, se modifica el trazado desplazando el punto final del tramo hacia ese lugar.

#### 7.4.4. Trazado del Tramo.

Utilizando la lista de nodos se traza un spline, que pasa por todos los puntos de la Lista\_Nodos. Para esto Autocad requiere además de los puntos obligados de paso, las tangentes geométricas en los puntos inicial y final de la curva. Para calcular las tangentes se utilizan los ángulos correspondientes a la Barrera en ese punto.

#### Verificación de relaciones que afectan el trazado.

- {INTERIOR} Las dirección de la tangente final es hacia afuera del Mundo. Para determinar el lado interior se traza una línea perpendicular al límite por el punto; si intersecta la Barrera, la dirección gira 180° con respecto al sentido de la línea.
- {LLEGADA} En el caso de las tangentes finales siempre será perpendiculares al Límite
- {PARTIDA} Si el tramo comienza en un Portal será perpendicular al límite. Se determina el Interior y con eso se determina la tangente.
- {PARTIDAF} Si el tramo comienza en un Foco, la tangente inicial será paralela al Límite. Para determinar la dirección se analizan las posiciones relativas del Foco y del final del tramo. La dirección de la tangente será opuesta al punto de destino. .

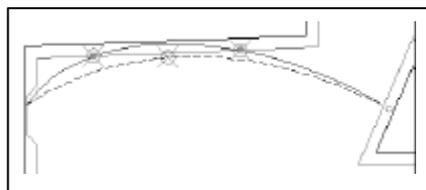
#### 7.4.5. Choques.

Si el tramo choca con alguno de los límites se modifica el trazado agregando puntos de control al Spline, para evitarlo.

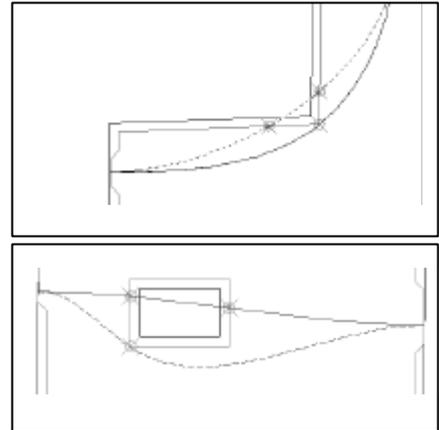
La relación {BORDE} no permite que el peatón atraviese las Barreras. Como Acceso y Final de todos los tramos se encuentran siempre dentro del área recorrible, de producirse choques, estos tendrán las siguientes características:

- La cantidad de intersecciones será un número par
- Responderá a uno de los siguientes casos. en todos los casos se vuelve a trazar el tramo.

- El tramo intersecta la barrera dos veces en un mismo lado. En este caso se agrega un nuevo Nodo a la Lista en la posición intermedia entre las dos intersecciones.



- El tramo intersecta la barrera en dos lados consecutivos. En este caso se agrega un nuevo Nodo a la Lista en la posición del punto común a ambos lados.
- El tramo intersecta a la barrera en dos lados no consecutivos. En este caso se agrega un Nodo a la Lista en la posición del extremo del 1º lado más cercano al siguiente intersectado



#### Verificación de relaciones que afectan los choques

- {BORDE} El Peatón no puede cruzar la Barrera y el Punto agregado está sobre la Barrera,, se modifica el trazado desplazando el punto hacia el interior del Mundo.

#### 7.4.6. Atracción

Una vez trazado un tramo verifica si cruza el área de atracción de cada uno de los Focos existentes en el Mundo. Luego de construir la Lista de Intersecciones, esta se revisa mientras no haya un Foco que atraiga al Peatón.

- Verifica si el tramo entra en el área de atracción de cada uno de los Foco.
- Guarda la posición del punto de intersección.
- Ordena los puntos de intersección por su distancia al comienzo del tramo.
- Mientras no es atraído, verifica si es visible y atrae al Peatón
- Cuando un Foco atrae al Peatón reemplaza Destino por la posición del Foco en la Lista\_Nodos.
- Borra el trazado

#### Verificación de relaciones que afectan la atracción.

- {VISIBLE} Verifica si el Foco es visible desde ( $P_i$ ). Para esto traza una línea entre ( $P_i$ ) y el Foco. Si no intersecta ningún Límite se calcula el ángulo formado con el tramo. Si este es menor que el ángulo de visión aceptado se considera que el Foco es visible.
- {OBEDIENCIA} Los Peatones tienen una velocidad de desplazamiento según el carácter de su viaje. Para verificar la atracción, en cada caso se calcula un número al azar entre 0 y 1. este valor es multiplicado por la velocidad del peatón. Cuando la velocidad es menor a 1, aumentan las posibilidades de ser atraído y viceversa.
- {INTERES} Todos los peatones tienen un interés asignado para cada tipo de Foco. Si el valor de la conducta es menor que el interés asignado se considera que atrae al peatón
- {BORDE} El Peatón no puede cruzar la Barrera y el Foco está fuera del área recorrible, se modifica el trazado desplazando el punto final del tramo hacia ese lugar.

#### 7.4.7. Verifica.

Cuando se traza el tramo y no hay choques Se hacen las tareas finales.

- Asigna a Acceso el valor de Final
- Vacía la Lista\_Nodos
- Coloca las posiciones de los nodos Acceso y Destino en la Lista\_Nodos.
- Vuelve a **REVISAR Nodos**

#### 7.5. Definición de los Itinerarios.

Una vez que están definidas las trayectorias de todos los peatones que intervienen en la simulación, se definen los Itinerarios. Los itinerarios son el conjunto de las posiciones que va a ocupar cada peatón por unidad de tiempo.

##### 7.5.1. Calculo de las posiciones

El siguiente proceso calcula las posiciones que ocupará el peatón en cada unidad de tiempo.

- Se leen los datos del Peatón y de los tramos.
- Se generan las posiciones del avatar a partir del Acceso a una distancia igual a la velocidad por unidad de tiempo, hasta llegar al final del tramo.
- Si el Final no coincide con el Destino, es que el peatón fue atraído por un Foco. Se genera un tiempo de espera ponderado por la velocidad del peatón.
- Se leen los datos del siguiente tramo.
- Continúa el proceso con todos los peatones hasta terminar.
- Se ordenan las posiciones por el tiempo.
- Se verifica que no haya colisiones entre peatones, tomando el tamaño virtual de los mismos.
- Cuando se calcularon las posiciones en cada segundo de todos los peatones se ordenan los datos por tiempo.

### Verificación de relaciones que afectan los itinerarios

- {ESPERAS} Si cuando el peatón llega al final del tramo no está en la posición N\_D, hay otro tramo en el trazado y se encuentra frente a un Foco. Para calcular el Tiempo de detención del peatón frente al foco se genera un número al azar. Se guardan los datos manteniendo fijos Peatón y posición y modificando el Tiempo.

#### 7.6. Exportación de los Itinerarios.

El usuario puede en este momento exportar los itinerarios resultantes o descartarlos. Puede usar cualquiera de las formas de exportación desarrolladas, o todas a la vez en forma indistinta.

Los archivos que se generan tienen siempre el mismo nombre por lo que deben ser renombrados por el usuario si quiere guardar los datos de varias simulaciones.

### 8. Validación del Modelo.

Para verificar el comportamiento del modelo en entornos arquitectónicos, y poder validarlo, se utilizaron esquemas de plantas de edificios con distintas características desde el punto de vista de su ordenamiento morfológico [r3].

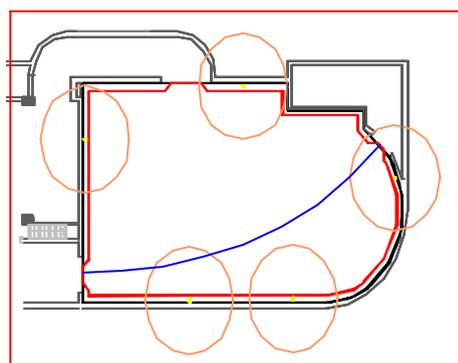
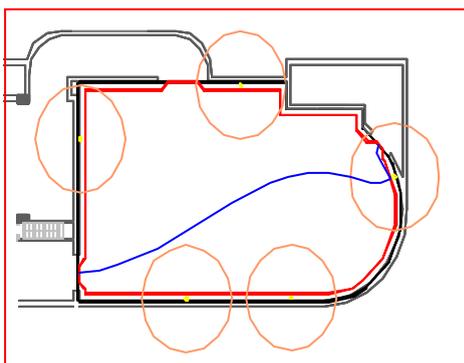
Se tomaron ejemplos de espacios de distintas características:

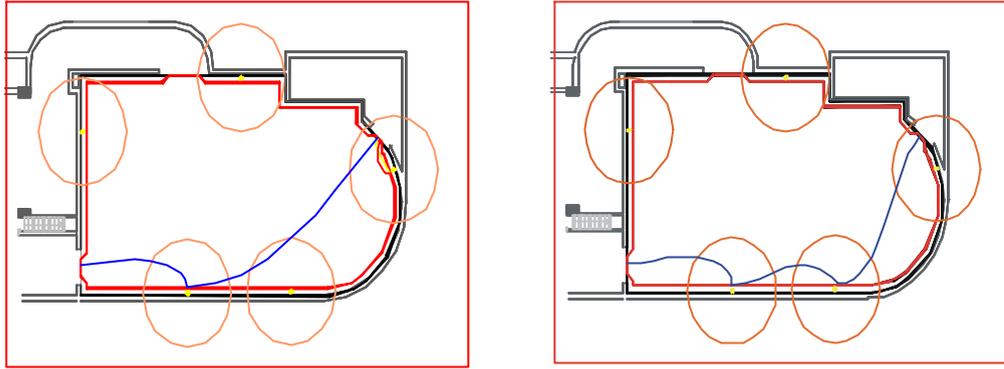
- INDETERMINADOS: espacio principal que se deja lo mas adaptable posible.
- LINEAL: cada entidad se vincula sólo con la que la sigue y con la que la antecede.
- POLIGONAL: cada entidad se vincula directamente con la que la sigue y con la que la antecede, pero no existen entidades extremas, por lo que hay siempre dos caminos posibles.
- POLAR: Hay una entidad que polariza las vinculaciones y a través de la cual se producen las conexiones entre las unidades del conjunto.

Se modificaron las características del espacio o los parámetros del peatón, para verificar el efecto que estos cambios tenían en el funcionamiento del modelo. En cada uno de los grupos de pruebas se modificó una sola característica para visualizar mejor el efecto que causaba, y en todos los casos se asignó distinto Portal de entrada y de destino .

#### 8.1. Parámetros Constantes.

Se tomó una sala de exposiciones, espacio indeterminado, sin obstáculos y se les asignó a todos los Focos el mismo tipo (cuadro). Se tomo un peatón cuya velocidad es de 0.62 m/seg., y cuyo gusto por los cuadros es 0.40. Se realizaron 6 pruebas y se obtuvieron 4 resultados diferentes, (se repitió el resultado de las pruebas 1 y 4).





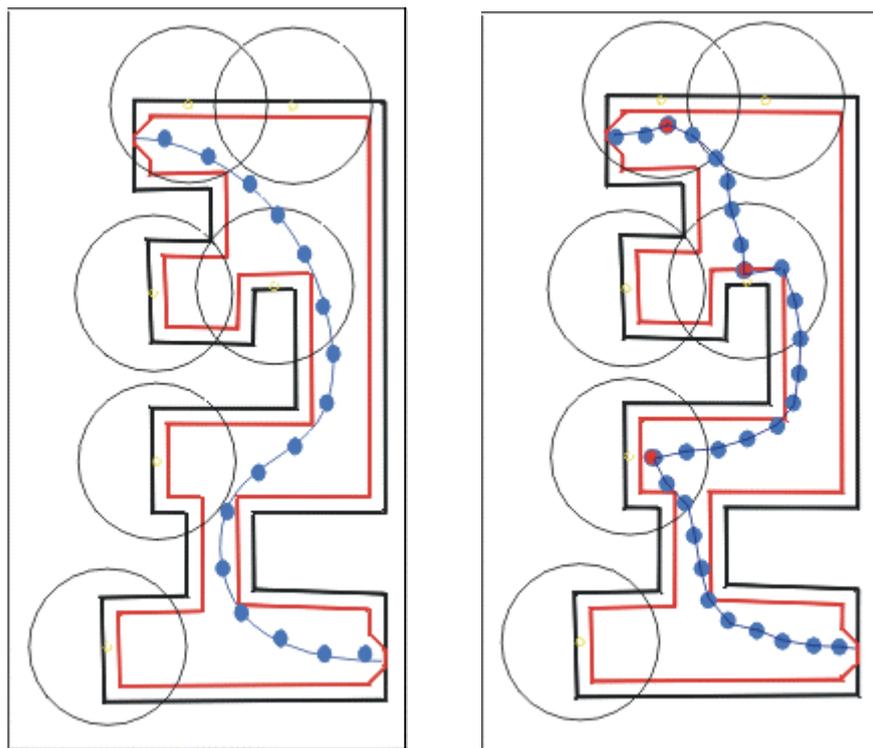
### 8.2. Modificación de la Velocidad.

Se planteó un espacio de características morfológicas lineales [r3] (para ir de un espacio a otro es necesario recorrer todos los intermedios) y se definió un peatón cuya velocidad de marcha es 1,30 m/seg. (razón para desplazarse trabajo),.

Luego se modificó la velocidad a 0.50 m/seg. (razón para desplazarse a paseo) y sin modificar ningún otro valor se recorrió el mismo espacio.

De estos resultados se ve la influencia de la velocidad en las posibilidades de ser atraído. Al disminuir la velocidad aumentan las posibilidades de modificarse la trayectoria por ser atraído por los Focos.

En los esquemas inferiores, los puntos señalan las posiciones por segundo del peatón, en los puntos de atracción (rojos) hay un conjunto de posiciones superpuestas.



### 8.3. Modificación de las Proporciones del Espacio.

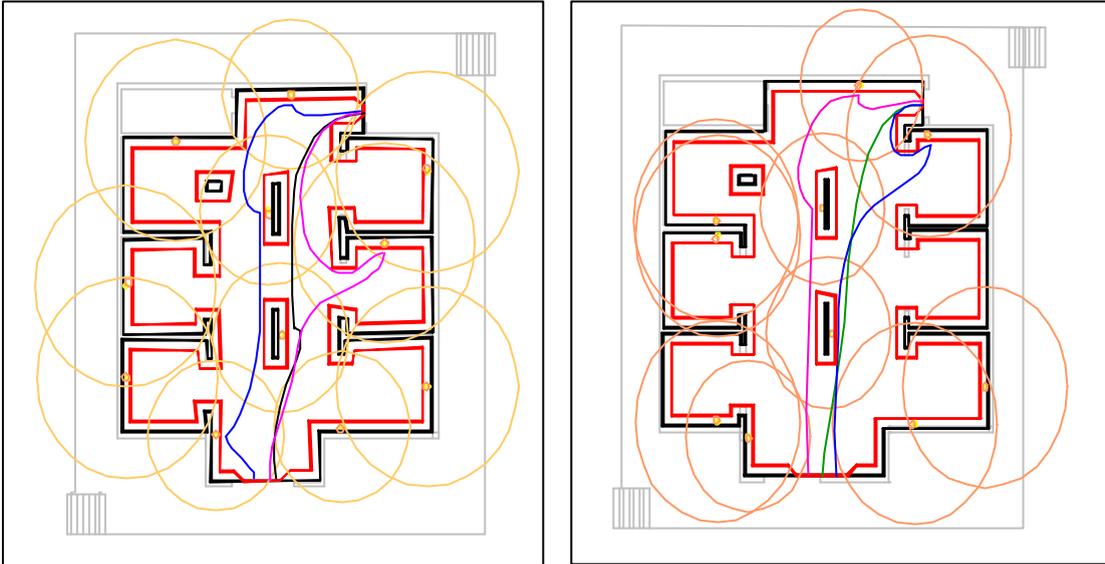
Se tomo un espacio que desde el punto de vista morfológico es de tipo polar, o sea donde una entidad polariza las vinculaciones, y a través de la cual se producen las conexiones entre las entidades del conjunto. Se colocó uno de los Portales en posición central sobre el eje del espacio, y el otro muy desplazado hacia uno de los lados.

Se definió un peatón con una velocidad de marcha de 0,50 m/seg. Todos los Focos son de tipo «arte» y el Peatón tiene un interés por el Gusto «arte» de 0,95, para que todos los Focos lo atraigan.

Se recorrió el espacio con la simulación 10 veces (solo se muestran 3 trayectorias, porque las demás son similares) y solo una entró en uno de los espacios servidos. Además hay una tendencia a formar sendas

de circulación, privilegiando el lado del Portal desplazado del eje.

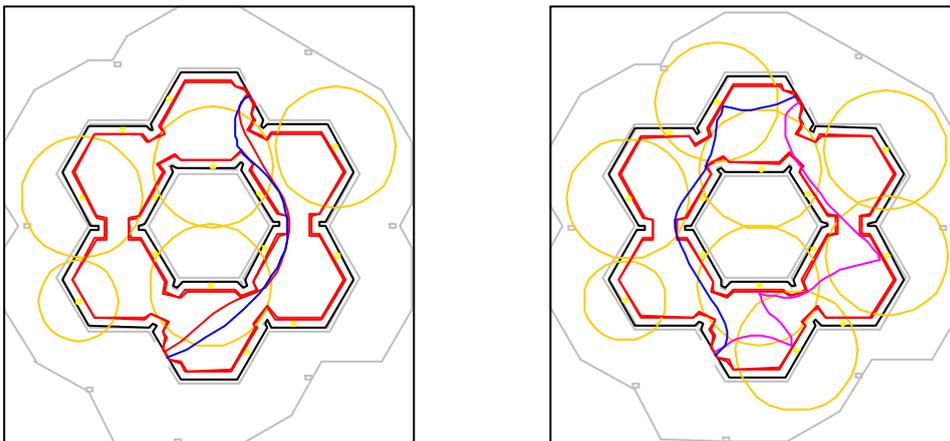
Luego se modificaron el ancho del espacio central y se ampliaron las vinculaciones de los espacios servidos. Se recorrió otras 10 veces el espacio resultante y volvió a repetirse el mismo patrón de distribución de los recorridos.



#### 8.4. Modificación en la Posición de los Focos.

En un espacio que responde a una morfología poligonal, con un espacio central inaccesible, con los dos accesos ubicado en posiciones opuestas. Se definieron peatones con velocidad de marcha de 0,75 m/seg. y un interés por los Focos de 0,8. Todos los itinerarios fueron por el mismo lado del espacio, independientemente de cual fuera el Portal de acceso. Por la posición en que se colocaron los Focos, no atrajeron a los peatones (sólo se muestran dos recorridos ya que los demás respondían al mismo patrón).

Se agregaron Focos, y se los cambió de posición hasta lograr que atrajeran a los peatones. En esta situación los recorridos se reparten por ambos lados del espacio central.



## 9. Resultados alcanzados

### 9.1. Entorno de trabajo.

Después de la etapa inicial de búsqueda de información y estado del arte, desarrollada en aproximadamente tres meses; el resto del tiempo se invirtió en la construcción y prueba del modelo. Resultando el tiempo empleado en esto mayor que lo estimado.

Los problemas en la construcción del modelo se debieron por un lado a errores existentes en las librerías de AutoCad utilizadas, que ocasionaban la reconstrucción de los módulos para superarlos y por otro a la búsqueda de errores en los algoritmos de cálculo planteados. Existiendo aún en la actualidad problemas en algunos módulos.

### 9.2. Modelo alcanzado.

Se determinaron y acotaron los elementos del mundo y sus características a partir de un modelo de simulación. El desarrollo del modelo fue fundamental para determinar que elementos eran necesarios y a partir de sus interrelaciones, definir los itinerarios.

El modelo conceptual resultante encontró la solución que permite al peatón descubrir su camino entre el punto de acceso y el de destino esquivando los objetos del Mundo que cruzan en su camino.

En principio se supuso un observador que no estaba inmerso en el Mundo mirando los desplazamientos de los peatones. Al tener disponible el modelo es posible utilizar los itinerarios para colocar una cámara, siguiendo de esta manera el itinerario de un peatón. Convirtiendo al observador en dinámico y viendo el Mundo por sus ojos, a una velocidad determinada y con tiempos de detención para observar los puntos de interés.

## 10. Conclusiones

- La determinación de desarrollar el trabajo utilizando un lenguaje con interprete, fue adecuada dada la rapidez y facilidad con que se prueban y corrigen las rutinas. La decisión de usar AutoCad interactuando con Visual Basic no fue buena, ya que el lenguaje no está bien documentado y tiene errores internos que no son triviales. Sin embargo el modelo conceptual pudo desarrollarse sobre esta base y puede ser implementado en cualquier lenguaje para otros entornos de trabajo.
- Se determinaron los procesos que permiten generar los itinerarios a seguir por los peatones, para recorrer el Mundo desde su punto de entrada hasta su destino. Estos procesos permiten que cada vez que se ejecute la simulación puedan generarse distintos itinerarios, a partir de la información de la geometría y las características propias de cada peatón.
- El modelo tiende a formar sendas de circulación entre los portales, que se hacen más marcadas al aumentar la velocidad de desplazamiento de los peatones. Si existen espacios subordinados al principal tiende a ignorarlos, pero esta tendencia se modifica variando la posición de los focos de atracción para hacer que el peatón "entre" a los mismos.
- Los recorridos tienden a seguir la ruta más corta entre los portales de Acceso y Destino, y después de ser atraídos por un Foco siguen la misma tendencia, no recorren el espacio siguiendo itinerarios errantes.

## 11. Perspectivas

A partir del modelo propuesto finalizar el ajuste completo de sus algoritmos de cálculo e investigar las posibilidades que ofrece, y extender sus capacidades para poder simular en forma más eficiente los complejos recorridos peatonales.

- Considerar a tramos rectos como integrantes de una trayectoria.
- Agregar la consideración de la coordenada Z para esquivar elementos estáticos y posibilitar que el peatón cambie de nivel.
- Resolver el problema de la colisión como un cambio de trayectoria en lugar de una disminución de la velocidad.
- Utilizar velocidades variables.
- Permitir distancias de acercamiento variable
- Agregar como focos a los peatones para poder simular tanto reuniones entre los mismos como efectos de alejamiento al momento de visualizarse dos peatones.
- Investigar las posibilidades de otros lenguajes o entornos de trabajo, típicamente Vmml, para implementar el modelo, donde no sean necesarios los tiempos de render para llegar a un modelo en tiempo real.

## Apéndices

### A. Evolución del Trabajo.

#### A.1. Tareas Preliminares.

En una primera etapa se hizo una investigación sobre el estado del arte en este campo y sobre el peatón, sus características y parámetros. En esta etapa se verificó que no existían trabajos sobre recorridos autónomos de peatones en espacios libres. También se encontró gran cantidad de información y estudios sobre los comportamientos del peatón.

Luego se evaluaron las distintas posibilidades de entornos de trabajo y posibles lenguajes de programación, para optar finalmente por Autocad y programación con Visual Basic.

En este punto se comenzaron a hacer las pruebas sobre el producto en forma directa para estudiar los comportamientos y propiedades de los objetos gráficos a utilizar para llegar a los resultados propuestos.

#### A.1.2. Elección de los Objetos a Utilizar.

Para seleccionar los distintos objetos se comenzó dibujando un modelo y haciendo las pruebas en forma directa.

##### A.1.2.1. Tramos.

En un principio se pensó en definir los tramos mediante líneas rectas, que al ir chocando con los distintos elementos se fueran cortando y agregando nuevos tramos, y que una vez encontrado el camino transformarlo en curvas.

Al comenzar a trazar los itinerarios, surgió como evidente que esta solución no resultaba práctica, ya que al transformarlo en curvas volvían a chocar con los elementos y sus recorridos resultaban muy sinuosos. Resultó mejor la solución de utilizar directamente las curvas de tipo spline para unir origen y destino.

Para definir este tipo de curvas se requiere la lista de puntos de paso obligatorio (FITPOINTS), y las tangentes inicial y final. La forma de definir las tangentes es dando un punto de coordenadas relativas con respecto al nodo (inicial o final del spline, según corresponda), por donde pasará esa tangente.

##### A.1.2.2. Límites.

Como el planteo del trabajo es que el peatón no atraviesa las barreras, en un principio se pensó que los límites del Mundo no tomaban parte en la definición de los recorridos y no se pensó en utilizarlos.

Al tratar de generar las barreras se notó que el dato que se tenía era los bordes del espacio, por lo que se pensó usarlos como un elemento auxiliar sólo para generar las barreras.

Para definirlos se evaluó utilizar líneas, pero tenían el inconveniente de ser todas entidades separadas lo que aumentaba la dificultad de manejo y cálculo.

El usar polilíneas permite generar una sola entidad donde además se podían mezclar curvas y rectas. En el trabajo, finalmente esta última capacidad no se utilizó, y todo se define mediante tramos rectos, ya que a los efectos del ingreso de datos y del cálculo era más práctico. Por otra parte las definiciones de los bordes del mundo son solo sintéticas y las curvas se simulan con pequeños segmentos rectos.

##### A.1.2.3. Barreras.

Estas debían generarse automáticamente a partir de los límites, debían ser una copia a una distancia fija (la mitad del ancho del peatón), para realizar esta operación hay un comando (y método específico) OFFSET.

En el caso de usar líneas al copiarlas a distancia no se cortaban los extremos que sobraban ni se estiraban las esquinas convexas. Son entidades independientes y no guardan ninguna relación entre ellas lo que traía aparejado un gran trabajo posterior para obtener el mismo perfil en la nueva posición.

En el caso de polilíneas cerradas la operación es mucho más sencilla ya que mantiene el mismo perfil y en el caso de no usar curvas, siempre da como resultado una sola entidad, lo que simplifica las operaciones. Para estas entidades el programa da dos opciones, las comunes presentes en versiones anteriores donde todos los vértices se guardan con las coordenadas X, Y, Z, y las POLILÍNEAS LIVIANAS, que se utilizan cuando la coordenada Z es 0 y que economizan espacio. Para el ingreso de datos podía optarse por cualquiera de los dos tipos pero el resultado del offset siempre es una polilínea liviana. Por esta razón y para facilitar el manejo de datos, se optó por usar siempre polilíneas livianas (dos datos para cada coordenada).

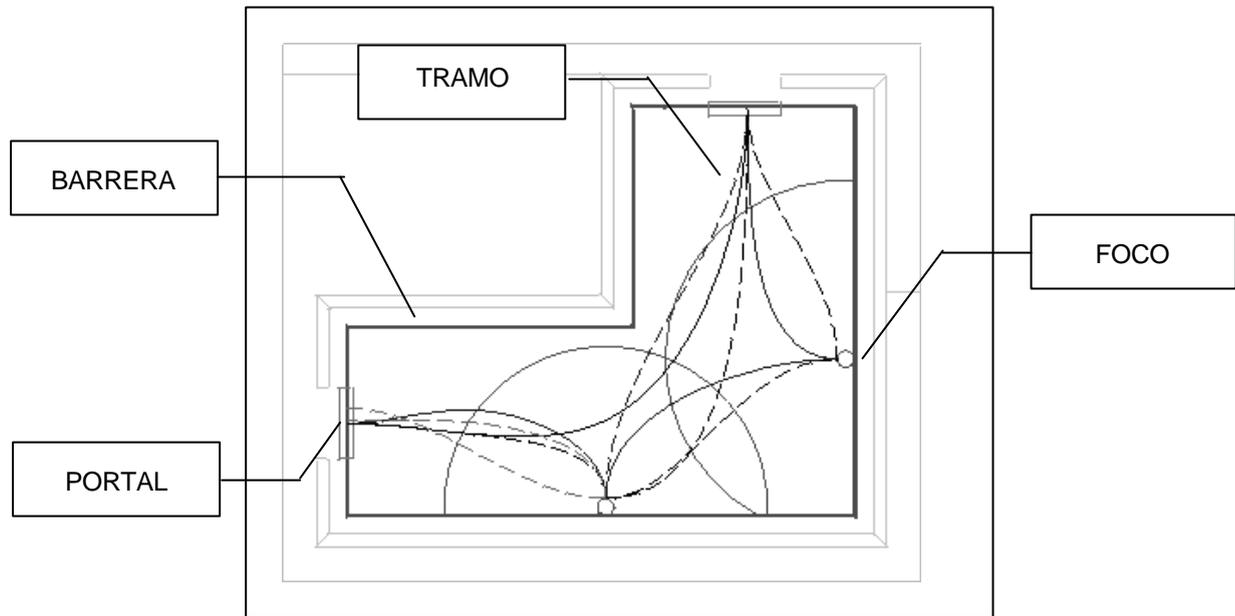
##### A.1.2.4. Focos

Los Focos los inserta el usuario en el lugar deseado. Están formados por un círculo y un centro. En un principio se pensó en definirlos como bloques pero surgió el problema que no se detectan las intersecciones entre los bloques y el resto de los objetos, por esto se optó por manejarlos directamente como objetos CIRCULO.

### A.2. Primera Etapa.

En la primera etapa el modelo tenía como elementos dibujados las barreras y focos. Los datos de las tablas Barreras, Focos, Portales y Peatones se cargaban manualmente leyendo los datos gráficos del dibujo. Únicamente se calculaban las trayectorias Origen – Destino.

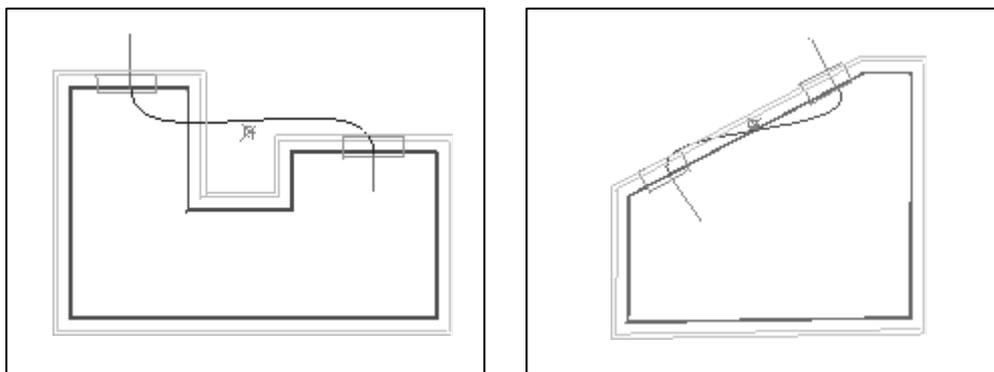
Los focos se ubicaban sobre las barreras, al igual que los portales y en ambos casos se guardaban las coordenadas de ubicación. Se supone que el peatón siempre mira siguiendo la dirección del spline.



#### A.2.1. Definición de Tangentes

Lo primero que se programó fue el cálculo de las trayectorias. El primer problema que apareció fue como definir las tangentes inicial y final del spline. Para que los tramos no escaparan del Mundo estas tangentes debían dirigirse hacia afuera del mismo. Para resolverlo se probaron varias alternativas.

- Calcular las posiciones relativas de ambos nodos, para determinar el punto medio como interior del mundo. Esta solución no era segura y fallaba en muchos casos.
- Calcular el varicentro del espacio para determinar el interior del mundo. Los cálculos eran muy complicados y no daba seguridad de ser correcta en todos los casos.
- Se usaba el ángulo del portal y se calculaba con un giro de  $90^\circ$  con respecto al mismo y hacia en dirección opuesta al punto medio entre los nodos. Era la solución más segura pero no totalmente confiable.
- Cuando el tramo comenzaba o terminaba en un Foco, era necesario tener el ángulo de la barrera donde se encontraba, que por tratarse de una polilínea era muy difícil de obtener, por eso se agregó el dato a la tabla de focos.



En estos ejemplos se muestran dos situaciones en las cuales el tomar como lado interior del Mundo, el punto medio entre la posición inicial y la final, da un resultado incorrecto

### A.2.2. Atracción de los Focos.

Cada Foco tiene asignado un Gusto, de acuerdo a una tabla. Cada peatón tiene asignado un interés para cada Gusto de Foco. Cuando se detecta que el spline del trazado intersecta con el círculo que marca el radio de atracción del foco, se genera un número al azar. Si este número es menor que el interés del peatón este se considera atraído.

Si era atraído se verificaba si el ángulo formado por el nodo inicial, el punto de choque y el foco era compatible con el ángulo de visión humano.

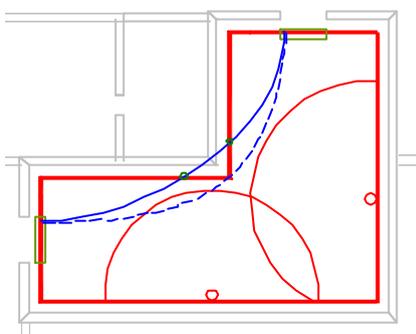
Si el ángulo era aceptable, se verificaba si era visible trazando una línea entre el punto de atracción y el foco, si esta no intersectaba con ninguna barrera, el foco atraía al peatón.

### A.2.3. Detección de Choques.

Cuando se detectaba intersección entre el spline y la barrera se buscaban las coordenadas del vértice de la barrera más próximo al choque y se agregaba este punto de control al spline.

Como el nuevo punto se encontraba sobre la barrera volvía a detectarse una colisión, igual que en los nodos inicial y final por lo que si el choque ocurría a una mínima distancia de un punto de control se descartaba.

Esta solución no era segura ya que muchas veces entraba en círculos viciosos que hacían detener el programa, sobre todo cuando el choque ocurría cerca de una esquina cóncava.



En el ejemplo anterior se muestra con línea azul continua el trazado inicial, y con línea azul punteada el trazado modificado. En el segundo ejemplo se agregó un punto en la esquina  $P1$ , que es el vértice más próximo al choque, pero por ser cóncavo hace desviar el trazado fuera del Mundo.

### A.2.4. Determinación del Número Índice.

Un problema serio para resolver este trabajo fue que entre las propiedades y métodos del spline no está la determinación de entre que puntos de control se encuentra un punto dado (que pertenece al spline) y la determinación de esto es crucial para poder determinar en que orden se dan las intersecciones con las barreras y las áreas de atracción de los focos.

En los casos que el spline tiene sólo dos puntos de control, el índice del punto que analizamos es 2. Para resolver el problema en los demás casos, se usó una propiedad del spline que informa la superficie englobada por la misma.

Se supuso que la superficie no variaría al agregar el punto analizado como punto de control en el orden correcto. Para encontrar el índice se calculaba la superficie del spline y luego se la comparaba con la superficie resultante en el caso que el punto se encontrara como índice 2, 3, etc., buscando la menor diferencia.

### A.2.5. Generación del Peatón.

La primera información que se calculó en forma automática fue la referida a los datos del Peatón, tomando las posiciones de los elementos gráficos de las tablas y los parámetros prefijados en cuanto a velocidad y razón del desplazamiento. [ver Desarrollo de la Tesis: 4.1. Cálculo del Peatón].

### A.2.6. Evaluación del Modelo en la Primera Etapa.

#### Problemas

En esta etapa tenía gran cantidad de inconvenientes. La parte del cálculo de peatones estaba bien resuelta y funcionaba sin inconvenientes, no así las operaciones geométricas.

arios para poder realizar los distintos  
ar los distintos elementos.

definieron las tablas para guardar l  
cticamente no se modificaron en t  
el caso de los peatones, el cálculo  
cuanto a la forma de identificar los  
guardando como texto su identificac  
ívoca, e incluso mover los elementc  
nbiar de posición focos y objetos lit  
partir de los problemas resueltos se

*Regado de los Focos.*

regar los focos se determina el Gust  
ajaron de estar sobre las barreras y  
tualmente debían ubicarse directam  
daba desplazado fuera del Mundo (  
situación el operador lo coloca próxi  
El límite al que corresponde el foco, s  
El cursor ya se encuentra en el punt  
pendicular y transformarlo por progra

*Regado de los Portales.*

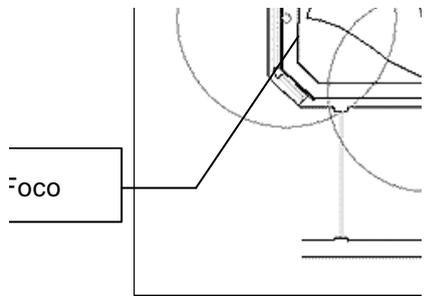
angulo de vision se estima de la m  
se traza una línea entre el punto de  
Foco es visible.

la etapa anterior los Focos se enc  
no puede llegar hasta el Foco, sino  
ma, se pensó en trazar un círculo c  
a, donde este círculo intersectara al  
ta solución tropezó con un error intr  
SPLINE. Si la intersección se produc  
detecta, dando como resultado punt  
ra evitar esto se implemento una so

final no es el de destino, se esta ti  
il azar entre 5 y 15 segundos, y po  
irado (razón del desplazamiento tra  
ntas posiciones constantes como du

#### *ilación*

cer una pequeña simulación de los n  
ntos como peatones haya en ese m  
na por el tiempo el arreglo de las pc  
ara simular movimiento en pantalla s  
can todos los círculos cuyo tiempo



*Atracción en el Punto Inicial del Tra*



**temas.**

En esta etapa los problemas ya no son  
puramente mecánicos o conceptuales.

- se pueden hacer simulaciones en el mundo real, pero las pruebas en el producto real que sin ser posible modificar la posición o ubicación debe hacerse desde fuera en una nueva posición. No se pueden eliminar.
- está resuelto el problema de evitar
- en todas las circunstancias, por ejemplo

portar los itinerarios como líneas s  
on una combinación de archivos ras  
El Windows MetaFile se convirtió en  
uellos que no pertenecen a Microsof  
ejemplo se generaron tres archivos  
/MF 346 bytes.  
/MF 306 bytes.  
/MF 314 bytes.  
genes inferiores muestran el conten

.2097068883348  
.424594951189948  
.5607364803392  
.385534084027117  
.8638353393064  
.21478791118577  
.1215226441508  
.05925702316473  
.3349680982005  
.91597860355711  
.5039057863282

1, 27.9160651220208, -  
1, 28.628361320056, -  
1, 29.3280114473443, -  
2, 18.1046905321307, -  
1, 30.0151319738999, -  
2, 18.9760519134134, -  
1, 30.6900281229135, -  
2, 19.8009901951144, -  
1, 31.3531447370373, -  
2, 20.5545990086119, -  
1 22.0050272657046

,	3,	36.4206193406845
,	3,	36.9728098906037
,	3,	37.4968472721606
,	3,	37.9785572115771
,	3,	38.0629544137208

---

### **estructura de los Datos**

s Datos se guardaron en una Base d  
ás de los datos alfanuméricos los pu  
se quería mantener en forma perma

-----

ador del foco y del gusto al que per  
que ángulo forma esta con el eje de  
cambiar su atracción (aumentar el r

*Peatones:*

Campo
IdPeaton
Tamano
TiempoEntre

lla módulo inicial.

**General Peatones**

Características Peatones

Cantidad:

Tipo:

Duración de la Simulación:

Bases Peatones en

para el usuario.

Los objetos de acceso a  
tener acceso y manipular  
de datos, sus objetos y e

- NO En términos de Realidad  
experimentado por un ob:
- O CAÓTICO Área peatonal donde no :  
todos los recorridos son l
- O LINEAL Area reatonal donde se fc
- SI Patrón gráfico repetitivos

A una curva es la recta que tie  
Cuando la respuesta del entorr  
A Es el camino visible que recoi  
curva a través de las distintas  
Lenguaje de modelización de r

Espacios de características fijas y se  
nunicación. Espacio informal. El din  
cias personal, social y pública. Estud  
media y profesionales. Concepto de t  
ios, soledad. Influencia cultural en la

Moore, Robin "Patterns of Activity in"  
Psychology and the Built Environmen  
Ed. Architectural Press, London: 198  
Está basado en un estudio realizado e  
itológico y busca generar patrones d

; Rikk - Bell, Gabin. The Annotated  
Addison -Wesley Longmans, Inc  
so por Addison -Wesley Developper  
ción United States of America: agos  
ene las especificaciones completas  
los ilustrativos. Describe la historia y  
en las especificaciones. Tipos de i  
mentación.

y, James - vanRyper, William. Encyc

Intersección y paralelismo – Posición  
relativa entre punto y recta – Curvas, r

Rey Pastor – Pi Calleja - Trejo. Análisis  
Ed. Kapelusz S.A. Buenos Aires, Arg  
1ª edición, Buenos Aires: febrero 198  
Geometría Lineal y cuadrada – Transf  
Geometría diferencial de curvas – En  
curvas.

Marjuria Zapirain, J. A. Programación

de VR en esa universidad.

[wonderland.hcii.cs.cmu.edu](http://wonderland.hcii.cs.cmu.edu) "Alice".  
rollo de Alice por la Universidad de  
siones, orientado originalmente a la  
s propios y los del lenguaje PYTHON

[www.bayweb.com.au/mitra/h-anim\\_](http://www.bayweb.com.au/mitra/h-anim_)  
1/98).  
esta dirigida a encapsular animacion  
utarse. Comentarios sobre el borrac

Fernandez. 6 Pags.  
Explora dentro del campo de la mor  
componentes y sus vinculaciones. |