

# PROJECTE BOCA



Jordi Munar  
Jacob Suñol  
FIB – SIM  
Gener 2006

## Índex de continguts:

- 1.- Resum executiu
- 2.- Descripció del estudi
  - 2.1.- Objectius
    - 2.1.1.- Generals
    - 2.1.2.- Específics
    - 2.1.3.- Ampliables
  - 2.2.- Comentaris als objectius
  - 2.3.- Modelat del sistema
- 3.- Codificació o construcció del model computacional
  - 3.1.- Construcció del model computacional
  - 3.2.- Aplicació utilitzada
- 4.- Verificació i validació
  - 4.1.- Verificació del model
  - 4.2.- Validació del model
- 5.- Disseny d'experiments
  - 5.1.- Drogues i salut bucal
  - 5.2.- Salut bucal i visites a l'odontòleg
- 6.- Resum i conclusions
- 7.- Annexes
  - 7.1.- Bibliografia
  - 7.2.- El generador de numeros aleatoris

### 1.- Resum executiu

Aquesta aplicació es una eina que basant-se amb les dades i estadístics recollits sobre la incidència de caries en realició a les condicions de cada individu intenta simular la possible evolució de la boca d'una persona, si coneixem alguns dels seus hàbits i alguns detalls de les condicions de la seva boca.

L'aplicació a estat programada a partir de diversos estudis donaven molta importància a variables com la salivació, el nivell de pH o la colocació de les dents en la generació de caries. Una peça mal posicionada, no treballa be, això li provoca un desgast exciu en certes zones de l'esmalte que finalitzen en caries. Degut a la complexitat del ecosistema bucal, he simplificat les nivells de pH i bacteries a 4 nivells, i el programa resultant s'ajusta perfectament a les conclusions d'aquests estudis, i hem pogut verificar i validar els resultats generats per el nostre simulador amb els que donaven aquestos estudis.

Aquest programari ha estat escrit en java, perque altres llenguatges específics de simulació no eren prou potents i flexibles com ens hauria agradat, aquest llenguatge ens donava facilitats per crear una interfície grafica agradable a traves de la que hem intentat que la aplicació sigui sencilla de manegar. En conseqüència d'aquesta idea amb diferenciat la zona de dades i parametres de la zona amb els resultats de les simulacions.

El motor de la simulació ha estat dissenyat amb diversos mòduls que interactuen entre si. El sistema per realitzar les simulacions utilitza dos mòduls simuladors, connectats entre si. Un d'ells, la classe Boca, s'encarrega de fer les simulacions diàries de la boca, i treure la mitjana anual dels nivells de bacteris i pH. L'altre, Estadístics, a partir d'aquestes dades calcula el malposicionament, erosions i caries creaes durant l'any. Aquest cicle es repeteix fins arribar als anys de simulació desitjats. Tot això controlat desde un modul que conté també informació sobre l'estat i que esta connectat amb la interfície per poder donar els resultats en temps real.

La intenció d'aquesta eina es la de crear una ferramenta per als professionals de la salut bucal i educadors per poder mostrar la importància de la higiene i l'actitud respecte la salut bucal, a raó, d'aquestes idees hem afegit a l'entorn, la opció de veure com evolucionaria la mateixa boca, amb una actitud responsable, mitjançant la opció de Simulació Òptima.

## **2.- Descripció del estudi**

Aquest capítol conté en concret la part corresponent a la descripció del sistema, objectius i modelat del sistema.

### **2.1.- Objectius**

#### ***2.1.1.- Generals***

Un dels grans problemes que té la societat actual, és el de la salut bucal, la ciència i la medicina han avançat molt, han millorat les tècniques quirúrgiques, han aparegut les vacunes, han millorat els trasplantaments, malalties incurables jo no ho són, o s'han eradicat. Però la boca, segueix sent un gran focus de problemes, les càries, problemes amb les genives, infeccions, pèrdua de dents, aftes.... es treballa amb vacunes per les càries, però encara no s'ha aconseguit cap resultat positiu. És cert, que s'ha millorat molt en aquest tema, però encara queda molt per fer i, actualment, la única opció per tenir una boca sana és la prevenció. És per això, que el nostre objectiu és desenvolupar un programari per a l'estomatòleg o professional de la boca que permeti ajudar-lo en el diagnòstic de possibles lesions i erosions dentals a llarg termini, i en la prevenció d'aquestes lesions a través de la conscienciació dels pacients sobre la importància d'una bona higiene bucal mitjançant l'ús de la simulació.

#### ***2.1.2.- Específics***

La finalitat del sistema és aconseguir una estimació prou precisa dels efectes que tenen sobre la incidència de caries en un pacient els seus hàbits, una mala alimentació, tabaquisme, abús d'alcohol i/o drogues, la seva higiene bucal. Aquestes són variables que s'afegeixen i interactuen amb el seu estatus bucal i la dinàmica continua de la boca, es a dir, el desgast i descol·locació continua de les dents, etc. A partir d'aquestes variables i interaccions són les que ens permeten generar una predicció a través de la simulació. Serà a través d'aquest pronòstic que s'intentarà la conscienciació del pacient sobre la importància dels seus hàbits.

#### ***2.1.3.- Ampliables***

Són moltes les variables que influeixen en l'ecosistema bucal, i moltes les possibles conseqüències de la interacció de totes aquestes variables que no només afecten a la cariologia de la boca. És degut a aquesta complexitat que en aquesta versió ens hem limitat a la incidència de caries.

S'espera a llarg terme ampliar el conjunt de drogues i medicaments que afecten la generació de les caries, i afegir més variables a les simulacions per tal d'assolir uns resultats més acotats. També perfeccionar el creixement i interacció entre els diferents tipus de bacteris presents a l'ecosistema bucal per poder detectar altres malalties com l'estomatitis aftosa, malaltia periodontal ...

## 2.2.- Comentaris als objectius

### *Hipòtesis sistèmiques:*

El sistema de simulació es basa en el fet que quan una peça està mal posicionada treballa de forma errònia. Aquest fet a llarg termini provoca la lesió de l'esmalt a nivell cervical. Un cop lesionat l'esmalt a nivell cervical, aquesta lesió afavoreix l'actuació dels bacteris que ataquen la peça provocant lesions varies com caries i/o erosió. Així doncs podrem parlar que: *El risc de patir una lesió en una peça està directament relacionada amb el seu mal posicionament.*<sup>1</sup>

També hem de considerar que el risc que una caries es formi està relacionada amb el nivell de *Streptococcus Mutans* ja que és aquest bacteri el responsable de la formació de la caries.

### *Hipòtesis simplificadores:*

El problema més complex al sistema és la reproducció dels bacteris ja que depenen de molts paràmetres i és impossible caracteritzar-los perfectament, fet que ens fa fer ús d'unes simplificacions per parametritzar les colònies de bactèries.

Un altre problema és preveure un canvi sobtat d'hàbits d'un pacient donat factors externs varis com ara contreure la SIDA, un infart, o problemes vasculars aguts com ara trombosis o embòlia. Per tant en aquest cas suposarem que al fer el diagnòstic el pacient no canviarà d'hàbits ja que sinó hauríem de simular també la vida personal d'una persona, fet impossible degut a la seva complexitat.

---

<sup>1</sup> Veure Suñol, *Importancia del traumatismo oclusal...*, pg. 214

### 2.3.- Modelat del sistema

Per realitzar el modelat del sistema s'ha decidit realitzar dos models per separat, que coincideixen amb diferents nivells d'abstracció. Un d'ells està encapsulat dins de l'altre.

El primer és el model del medi, és a dir, el de la cavitat bucal (BOCA, figura 1). En aquest model s'ha fet un estudi de tots els factors que afecten el creixement de bactèries que ens interessin. S'ha aconseguit quantificar en quins moments es té un nivell més elevat de bactèries i el nivell de pH que prevalia en la cavitat bucal.

El segon model consta d'un esquema amb totes les peces dentals (quadre inferior a la figura 1). En aquest model s'estudia la influència dels resultats del model anterior (BOCA), amb el mal posicionament, l'erosió i les lesió en cada una de les peces dentals.

Per major comprensió al model utilitzat s'han representat amb una diagrames de blocs i SDL.

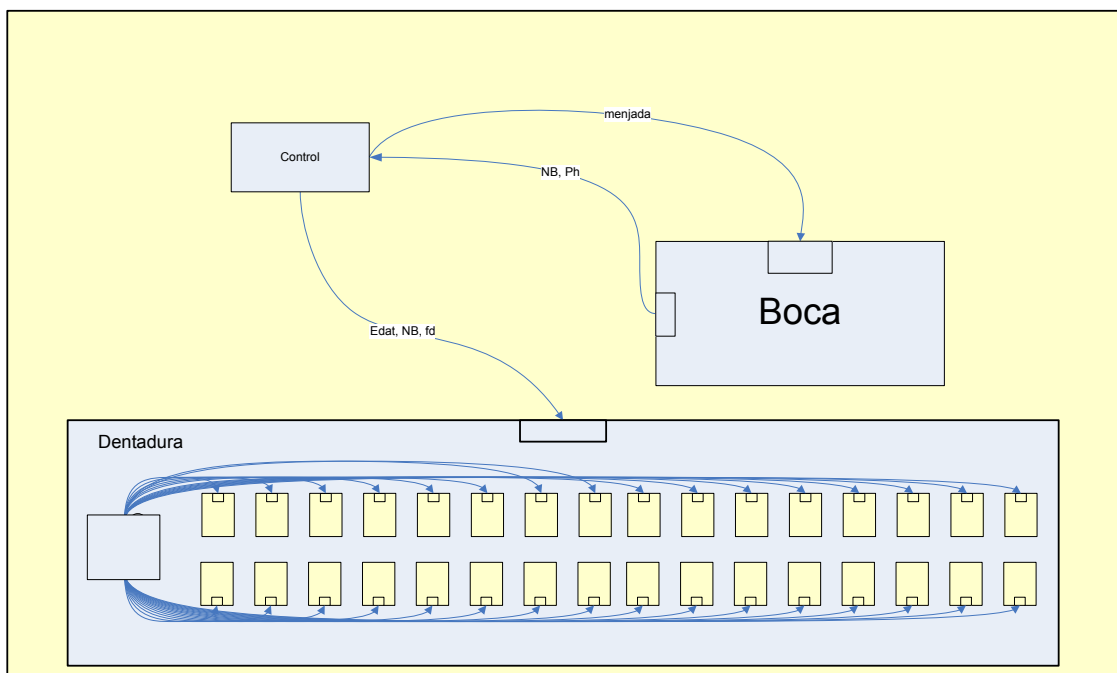


figura 1 - Diagrama de blocs del model

Aquí observem el diagrama de blocs de la boca, juntament amb el seu diagrama d'estats.

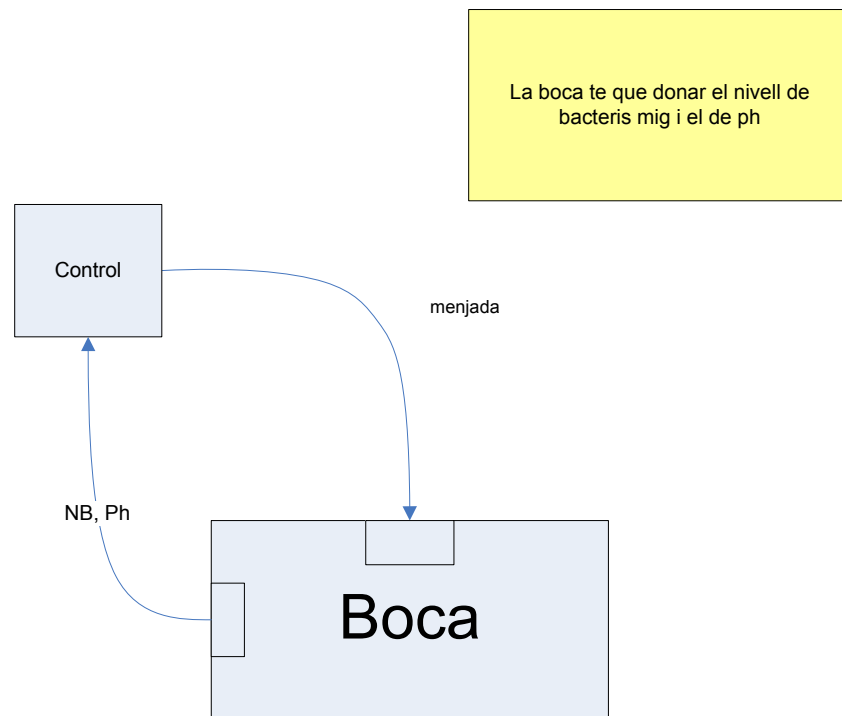


figura 2 - Diagrama de blocs del model de la cavitat bucal

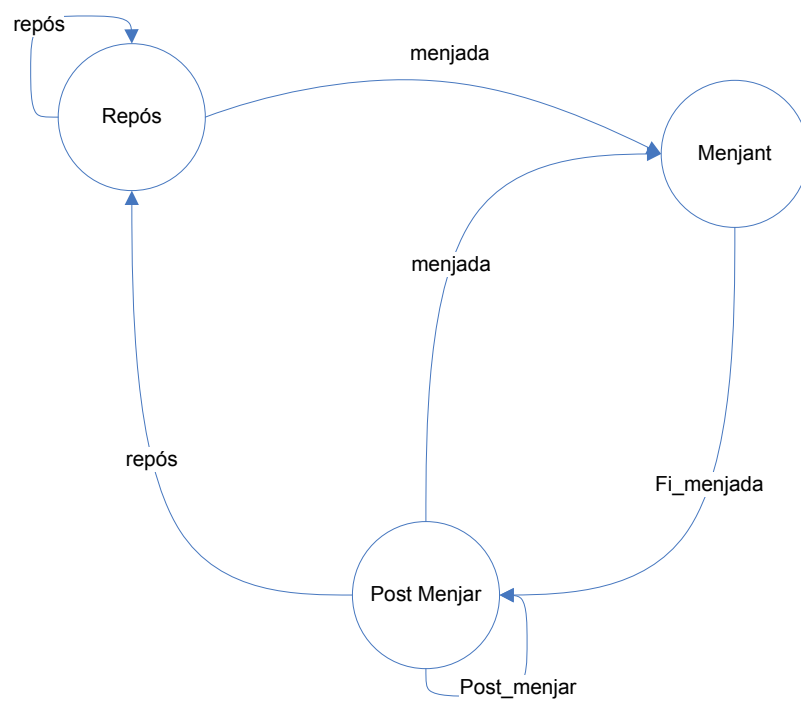
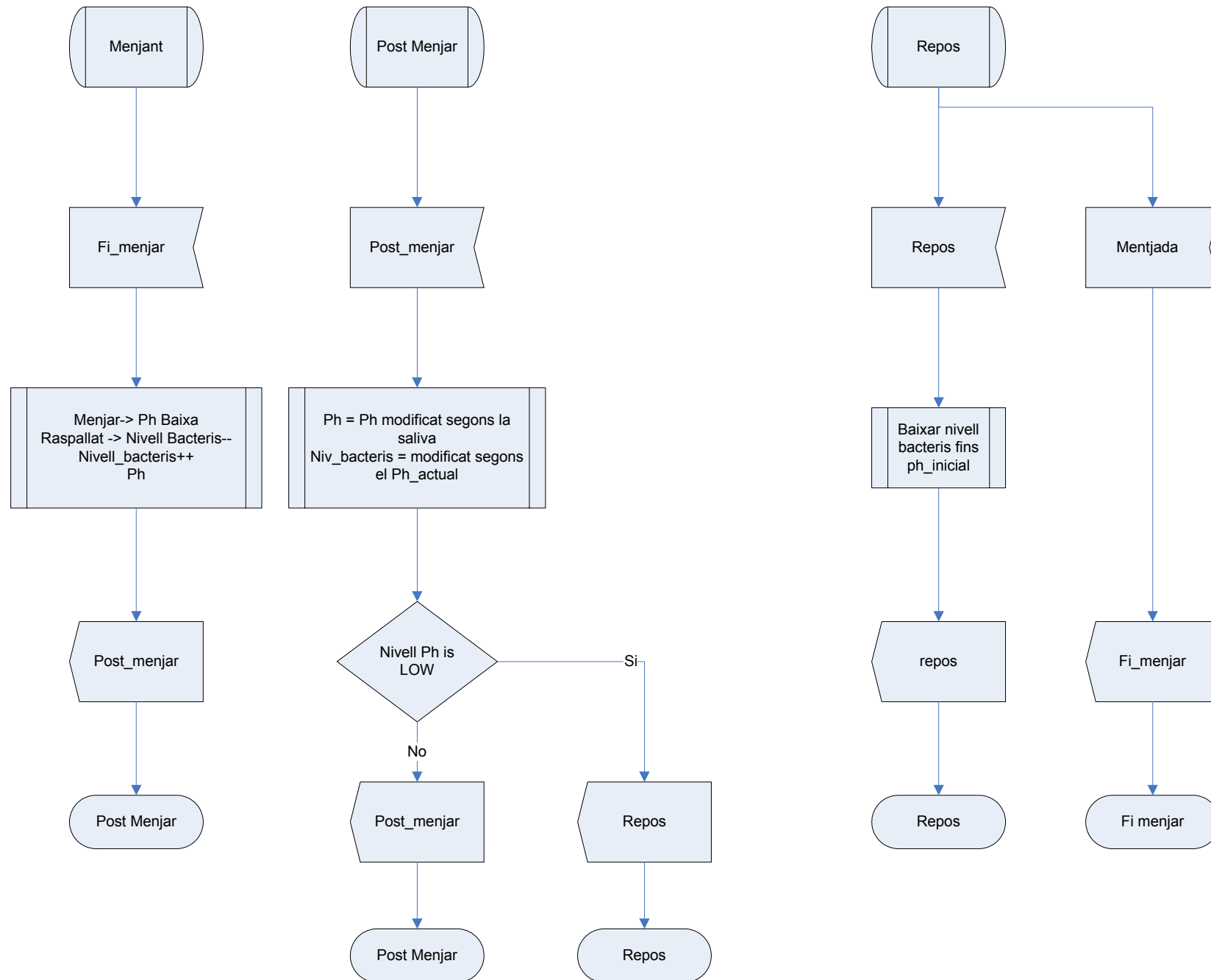


figura 3 - Diagrama d'estats de la boca





Ara mostrarem el diagrama d'estats de una dent i el seu diagrama SDL. Ja que totes les dents són iguals aquests diagrames són vàlids per totes elles.

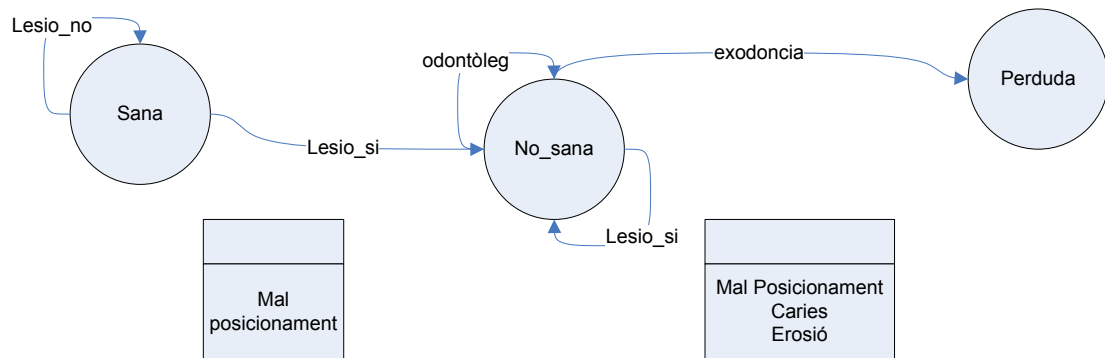
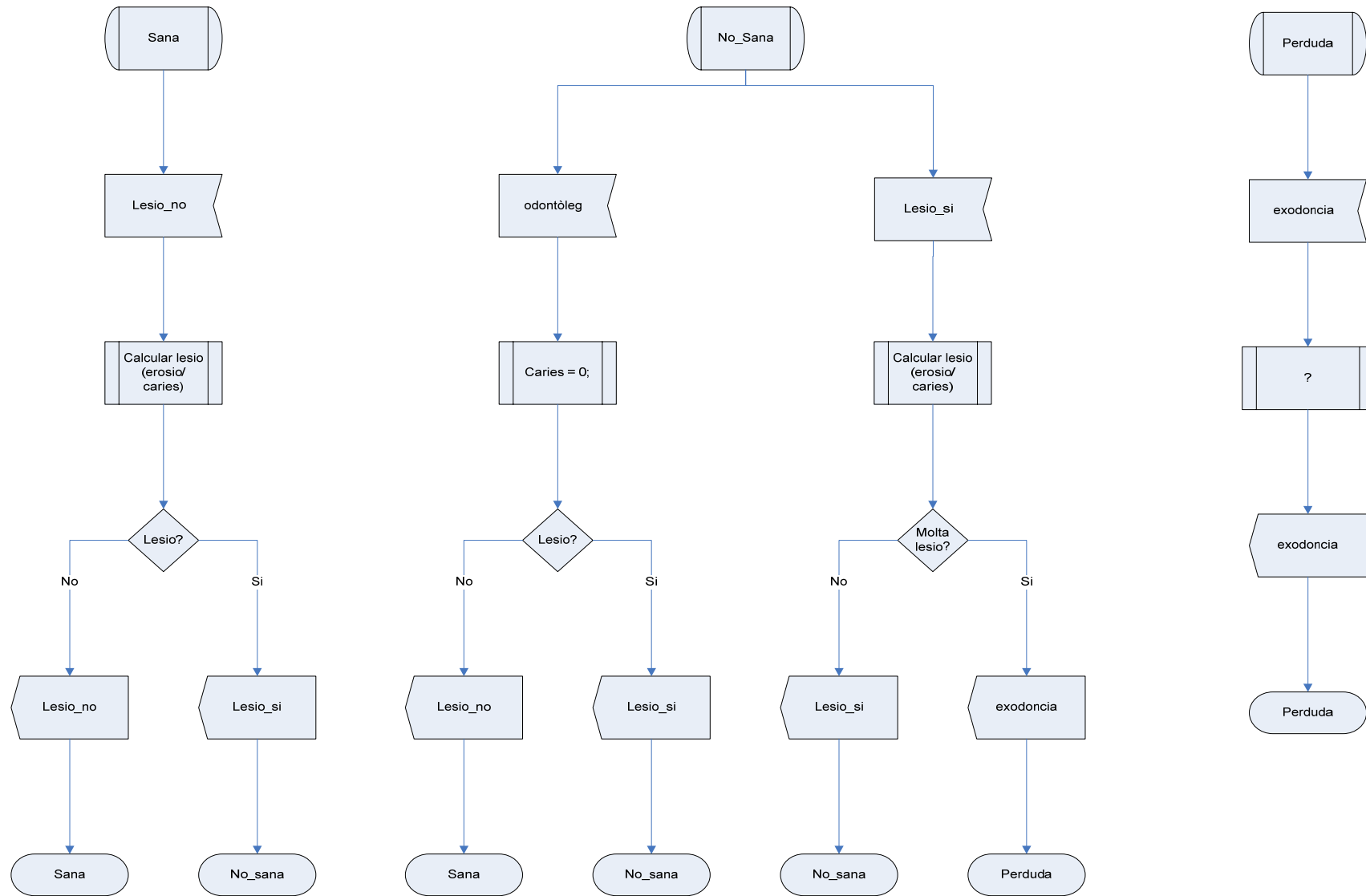


figura 4 - Diagrama estats d'una dent



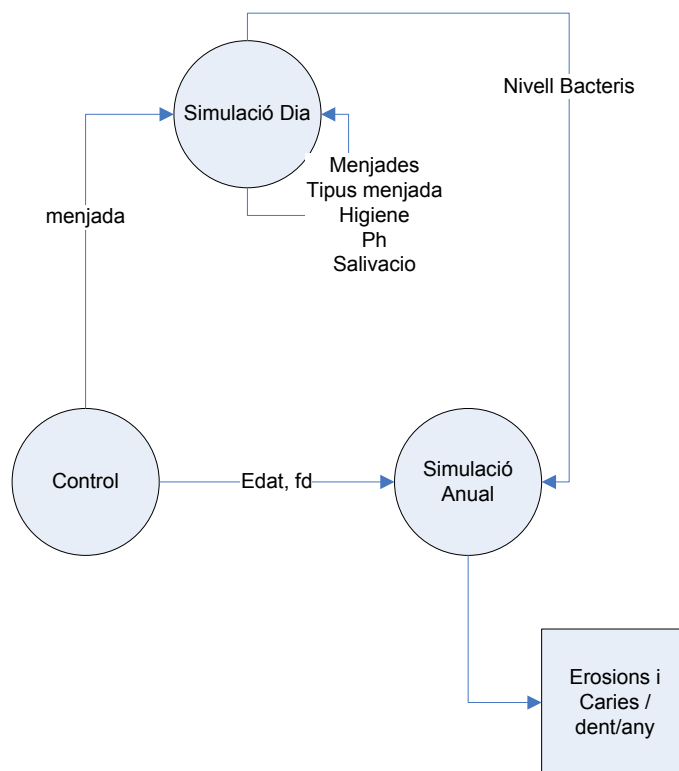
### 3.- Codificació o construcció del model computacional

Aquesta secció conté tot el corresponent al nostre sistema computacional. En concret parlarà del software a utilitzar i la seva construcció.

#### **3.1.- Construcció del model computacional**

El model computacional a utilitzar serà un model creat específicament pel problema a resoldre donat que al tractar-se d'un tema tan poc relacionat amb l'àmbit industrial, les eines que ens ofereix el mercat avui en dia són insuficients.

El model constarà de dues simulacions individuals, tot i que no independents ja que es lligaran entre elles per dues variables: *malposicionament* i *nivell de bacteris*. El nostre model tindrà aquest esquema:



**figura 5 – Esquema de la simulació**

Així doncs donada una simulació dia a dia on es controlaran les menjades i s'anirà fent una mitjana i un gràfic a temps real del nivells de bacteris a la boca, s'enviarà aquesta informació a la simulació anual per tal de que computi el risc que han sofert les peces durant un any, podent calcular així la lesió o erosió que s'haurà causat a una peça en concret.

Per altra banda, hi haurà una unitat de control que sincronitzarà les dues simulacions, recollirà els estadístics i enviarà la informació pertinent perquè cada simulació es pugui executar exitosament.

### 3.2.- Aplicació utilitzada

El model computacional ha estat implementat en *java* donat varis factors que van fer que l'equip es decantés cap aquest sistema. El primer va ser la característica de multi-plataforma. Donat que ens interessava crear una aplicació per ajudar als odontòlegs a l'estudi i conscienciació d'un pacient, varem considerar que havia de ser portable en tots els sistemes operatius actuals per poder abraçar més públic.

Una altra raó que va fer la decantació cap al llenguatge *java* es la seva afinitat amb tot l'equip fet que feia que la programació fos mes efectiva i en conseqüència menys costosa.

Per últim un altre factor va ser que *java* permet als desenvolupadors aprofitar la flexibilitat de la Programació orientada a objectes en el disseny de les seves aplicacions.

Un cop decidit el llenguatge a utilitzar, passarem a mostrar la interfície gràfica que és controlada per el nostre programa. La interfície s'ha cuidat al detall donat que la idea es de fer una previsió a llarg termini de el que li succeirà a la vida d'una persona, en termes bucal. Per tan hem cregut necessari que ja que s'ha de mostrar una previsió, tot i ser precisa ha de tenir una bona presentació i nitidesa per tal d'acabar de convèncer al pacient, i sobretot que aquest pugui gaudir d'una perspectiva d'usuari *Standard*.

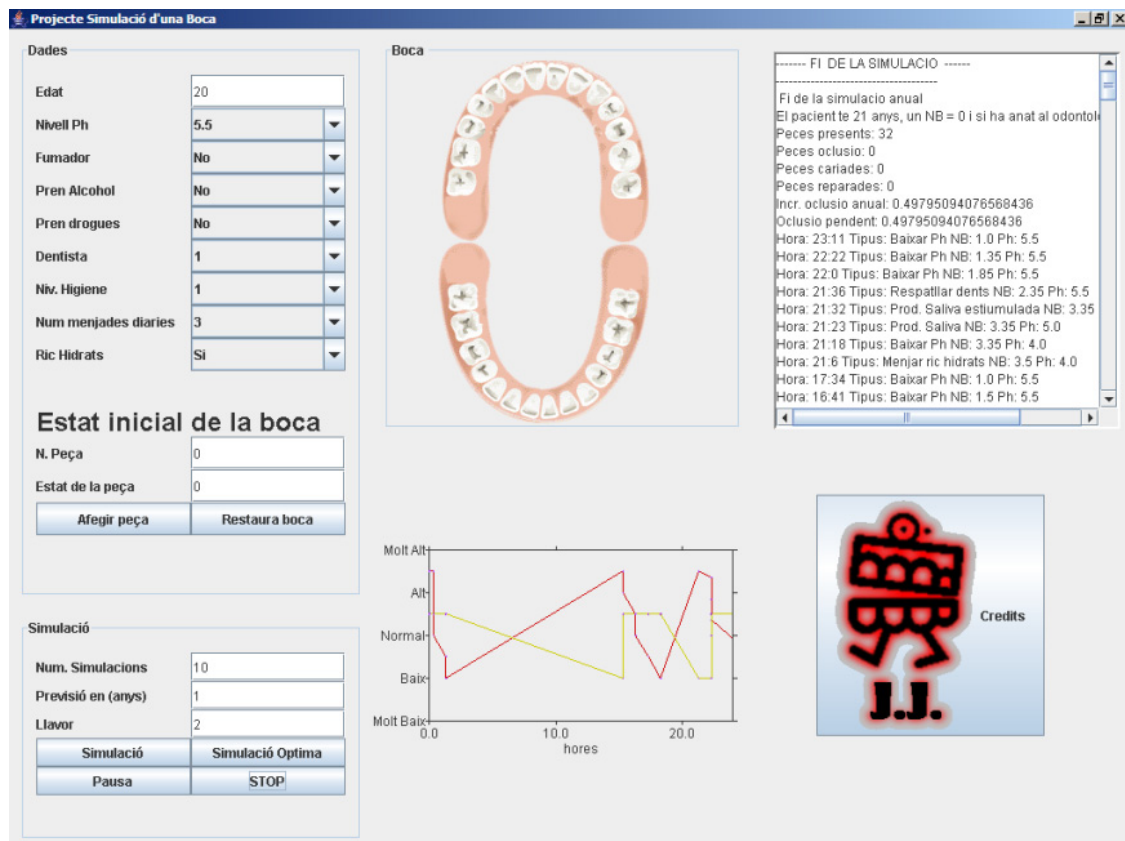


figura 6 – Interficie grafica

La interfície està dividida en dues parts ben diferenciades. La primera part és la encarregada del funcionament de la interfície. Aquesta part es controlada per un *thread* i es va actualitzant a temps real gracies a la informació enviada per l'altra part. La segona part, que és la que genera els resultats de la simulació, també està controlada per un *thread*. Aquesta part al ser la que dona els resultats de previsió s'ha cuidat al màxim per tal que representi el model plantejat.

Per la implementació d'aquesta part s'han implementat diverses classes, les quals procedirem a explicar a continuació.

La primera classe, anomenada *Boca*, s'encarrega de fer les simulacions diàries. Les simulacions es fan seguint l'esquema d'un *Events Scheduling*. Donada una llista de menjades, definides per el pacient es creen les conseqüents raspallades de dents, pujades i baixades de pH i nivells de bacteris. Totes aquestes dades per una banda s'envien a la classe *Estadistics* (la qual explicarem posteriorment) i a la interfície.

La segona classe és la *Estadistics*. Aquesta classe s'encarrega de recollir tant les simulacions diàries com anuals per tal de fer mitjanes i retornar els resultats correctes. Donat que de cada simulació se'n fan varies més per validar la simulació, resultat del qual ha nascut aquesta classe.

La tercera classe és diu *Dentadura*. Aquesta conté la informació de totes les dents, mes un petit conjunt d'estadistic per anar informant a la interfície de tot el que succeeix. Aquesta classe és l'encarregada de fer les simulacions anuals, és a dir, calcular l'índex de mal posicionament, caries, erosió... Té una subclasse anomenada *dent* que l'ajuda mantenint el control de quan es perd una dent i tenint una informació detallada de totes les dents.

La quarta classe és l'anomenada *Rand*. Aquesta classe s'encarrega de generar nombres pseudo-aleatoris i normals. Aquesta classe donada la seva importància per tal de demostrar l'aleatorietat del simulador es mostra a l'apartat d'annexos\*\*

Un últim factor va ser que java permet als desenvolupadors aprofitar la flexibilitat de la Programació orientada a objectes en el disseny de les seves aplicacions i l'ús de múltiples fils d'execució.

L'aplicació desenvolupada realitza una simulació sobre l'estat d'una boca dins un període variable i consta de diverses zones ben diferenciades físicament i en funcionalitat. En prometrà part destacarem les dos parts més diferenciades, la de la dreta encarregada de mostrar els resultats de les simulacions i la de l'esquerrera que es l'encarregada de la inserció de les dades necessàries.

Començarem explicant el funcionament del mòdul d'entrada de dades. En aquest mòdul podem trobar a més dos zones diferenciades, la superior encarregada de les dades del pacient o usuari i l'inferior encarrega de les dades de la simulació, com són el numero de repliques que desitgem generar de cara a veure el resultat de la simulació, el temps de simulació, que són els anys que es

volen simular i la llavor que volem utilitzar per la simulació, ja que una mateixa llavor sempre donarà els mateixos resultats. Just sota, disposem dels botons de control de la simulació, el botó “SIMULACIÓ” que engega la simulació amb totes les dades que hem inserit en el sistema, i el botó “SIMULACIÓ OPTIMA” que fa el mateix però amb les dades òptimes per a la salut bucal, amb la intenció de mostrar a l'usuari la diferència en l'estat de la boca al llarg del temps si es milloren detalls de la vida diària com són el tabaquisme, consum d'alcohol, una mala higiene.... A més disposem de dos botons més, Pausa i STOP, si polsem Pausa la simulació es para fins que es torni a polsar el mateix botó i STOP la finalitza, sense opció de continuar-la.

En la zona de dalt, és on podem trobar el quadre de Dades, tal com indica el requadre que engloba tots els camps. És en aquesta zona on indicarem les dades del pacient o usuari del que ens interessa genera la simulació. En primera instància trobem ens demana l'edat en anys de la persona, a continuació el nivell de pH natural de la persona, informació molt senzilla de trobar mitjançant unes tires que es poden comprar en farmàcies i drogueries dissenyades per mesurar el nivell de pH. A continuació ens demana si consumeix begudes alcohòliques habitualment, se es fumador i si pren d'altres drogues com els porros, cocaïna i drogues de disseny de via oral, ja que afecten al nivell de salivació de la boca. En el camp dentista, es demana amb quina freqüència realitza visites al dentista, 1 vegada cada any, 1 vegada cada 2 anys, fins a 5 anys o bé cap. El nivell d'higiene 0 a 3 que es gradua de la següent manera

- 0 , no es renta mai les dents
- 1, es renta després del sopar
- 2, es renta les dents després del sopar i dinar
- i 3, es renta les dents després de cada menjada.

Dades	
Edat	20
Nivell Ph	6 ▼
Fumador	No ▼
Pren Alcohol	Si ▼
Pren drogues	No ▼
Dentista	0 ▼
Niv. Higiene	0 ▼
Num menjades diaries	6 ▼
Ric Hidrats	Si ▼

figura 7 - Dades

I finalment ens demana la seva dieta habitual es molt rica en hidrats de carboni o no.

Després d'aquest petit qüestionari podem dedicar-nos a inserir l'estat actual de la boca de l'usuari. L'entrada es realitza dent a dent, utilitzant la nomenclatura oficial i un estat de la dent. A mesura que es va afegint l'estat, es pot veure com evoluciona el dibuix de la boca que podem trobar immediatament a la seva dreta.

Per poder inserir l'estat de la boca, em inclòs un mapa amb la numeració que segueixen les dents. Es pot veure com amb aquesta numeració el primer dígit indica el quadrant de la boca i el segon la posició de la dent dins d'aquest. L'altre dada que necessitem per poder inserir l'estat de la dent es el seu estat, que no es més que un enter que segueix la següent taula:

Valor	Significat
0	En bon estat
1	Mal col·locades
2	Erosionades
3	Amb caries
4	Mal posicionades i amb càries
5	Mal col·locades i erosionades
6	Mal col·locades, erosionades i cariades
7	Erosionades i cariades
8	La dents no existeix o s'ha perdut

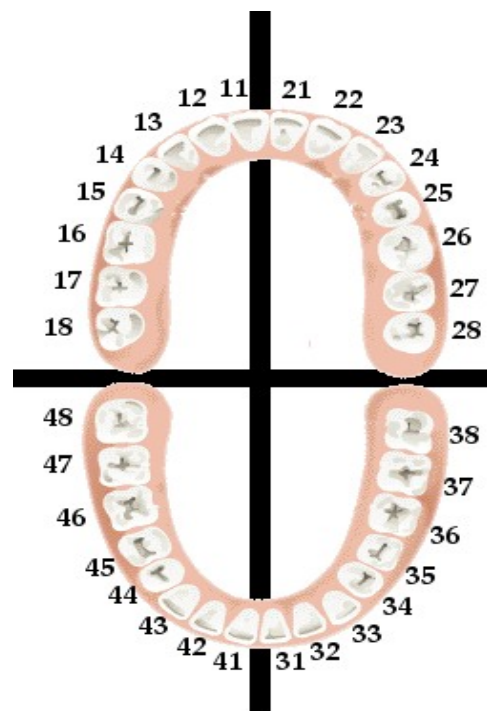


figura 8 – Esquema boca

Quan hem afegit l'identificador de la dent, i el seu estat, únicament queda prémer el botó de 'Afegir peça', si en haver afegit l'estat ens adonem, que es incorrecte o bé no ens agrada tenim dos opcions, la primera utilitzar el botó de 'Restaura Boca' que retorna la boca a l'estat inicial, o bé podem corregir peça a peça les dents errònies afegint de nou la peça.

<b>Estat inicial de la boca</b>	
<b>N. Peça</b>	<input type="text" value="0"/>
<b>Estat de la peça</b>	<input type="text" value="0"/>
<b>Afegir peça</b>	<b>Restaura boca</b>

figura 9 – Retocar peces

La part d'entrada de dades ja esta quasi acabada d'explicar, ara explicarem la part de visualització de la simulació.

La zona de visualització està dividida en quatre quadrants.

En el primer esta l'esquema de la boca, on s'indica visualment l'estat en que es troba, aquest va variant durant les simulacions a mesura que any darrera any van apareixent les càries, erosions, oclusions....

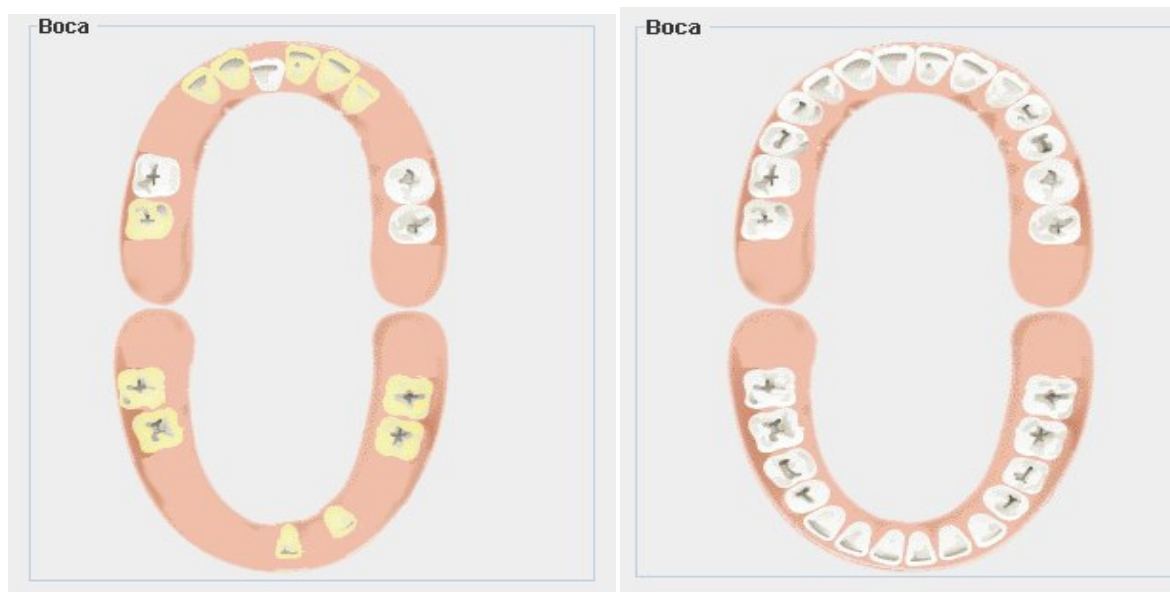


figura 10 – Esquemes boca

En el quadrant, que trobem a la dreta, trobem el log de la simulació, aquí és on el simulador imprimeix la informació que genera durant la simulació, però no sempre és el mateix tipus d'informació. És a dir, si fèiem una simulació d'una boca de 20 anys, durant 10, 20 anys, el simulador ofereix a través del quadre del log, informació de tots els events que ocorren en el sistema, menjades, descens de nivell de bacteris, visites al dentista, menjar entre hores.... informant de la hora en que s'executa l'event en el sistema, el tipus d'event i el canvi en el nivell de pH i Bacteris que ell provoca.



A més d'un resum al final de cada any amb l'estat de la boca al final de l'any. Es pot veure com és moltíssima informació la que es genera d'aquesta manera. I es molt fàcil no trobar informació realment interessant per a l'usuari. És per aquesta raó, que en simulacions llargues, de més de 20 anys, només treu per el log el resum de cada una de les simulacions anuals amb el seu estat.

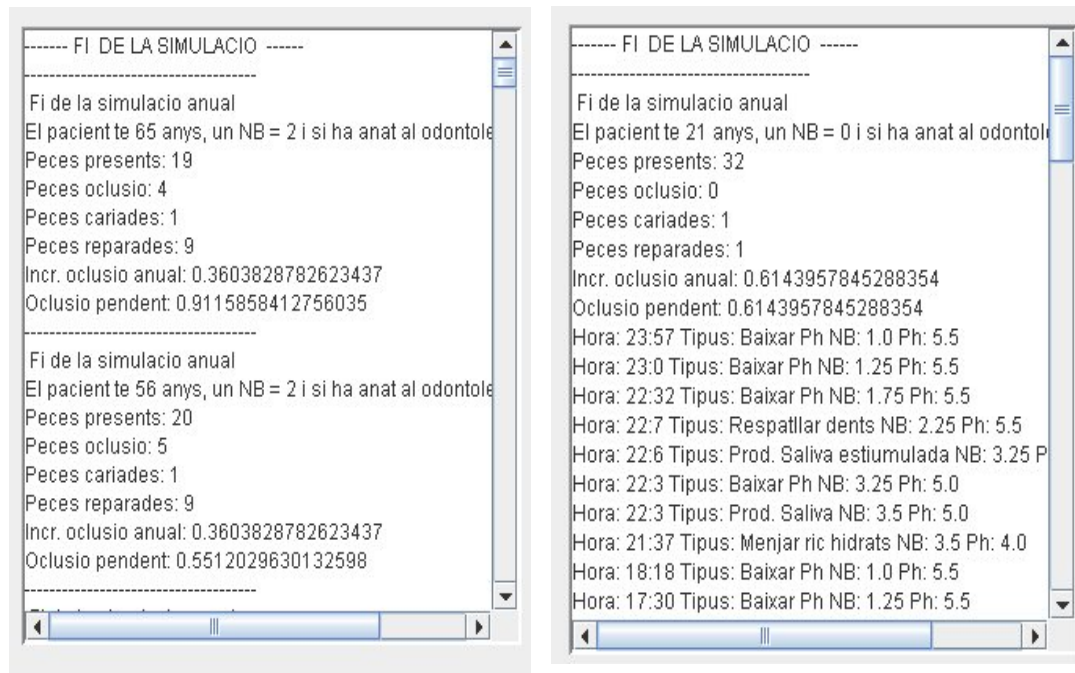
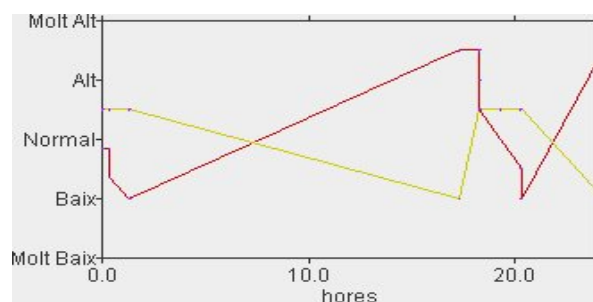


figura 11 - Logs

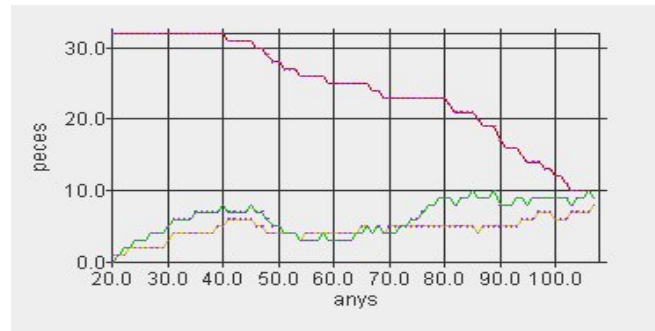
Es pot veure en aquestes imatges la diferencia entre els dos tipus de logs que ofereix el sistema.

Els tercer quadrant en discòrdia es el de la gràfica que ens mostra la abolicció instantània del sistema. També te dos funcionaments diferents depenent del tipus de simulació, aquesta gràfica ofereix el nivell instantani de Bactèries a la boca i el nivell de pH, per poder oferir aquesta informació de forma que sigui útil i visible es necessari la ralentització del sistema, es per això que aquest mode només s"executa en les simulacions d'un any, ja que en cas contrari es fa literalment interminable degut a la gran quantitat d'events que es generen per fer la simulació d'un any.



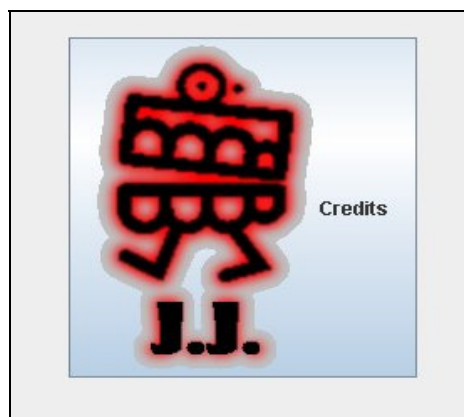
Ens aquesta gràfica es poden veure dos línies, una groga i una altre vermella que indiquen el nivell pH i Bacteris respectivament. El nivell de pH es considera molt baix si es troba en un nivell de 3, 4 coincideix amb el baix, 5 es consideraria un nivell normal, 6 i 7 alt i molt alt respectivament.

Si en canvi la simulació es de més d'un any, la informació que ens ofereix es molt diferent.



Aquest gràfic mostra el numero de peces que hi ha a la boca (línea Vermella), les dents que estan erosionades (línea Verda) i les peces que estan cariades (línea Groga). Si una peça està cariada, i va al dentista, el dentista la repara i aquesta passa a ser una peça no cariada, i si una peça cariada acaba caiguent, aquesta també deixar de ser comptada com a cariada, és per aquesta raó que es veu com la quantitat de peces cariades disminueix en certs moments.

Finalment, només queda comentar a mode de curiositat el botonet que queda en el quadrant restant amb les inicials dels autors d'aquesta aplicació i que obri una petita finestra amb els crèdits.



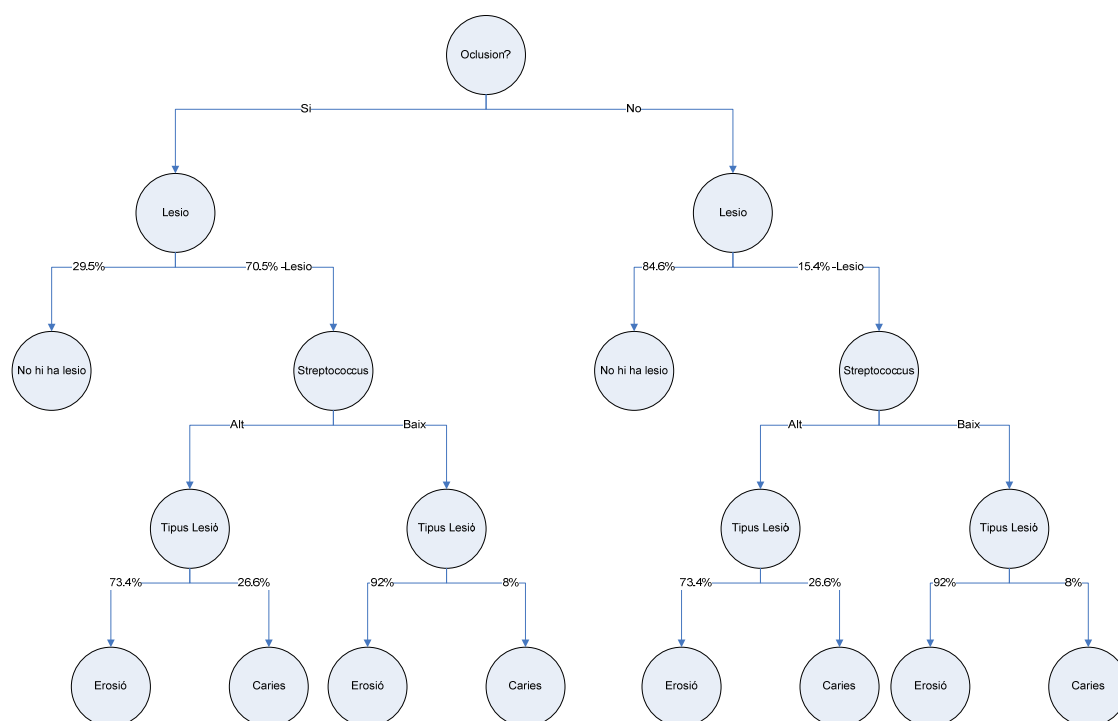
#### 4.- Verificació i validació

Aquest apartat conte les dades relacionades obtingudes en l'estudi de la boca.

##### 4.1.- Verificació del model

LA verificació del model és la part que assegura que el model construït representa amb detall la realitat. Les dades recol·lectades han estat consultades en diversos metges i estomatòlegs que ens han assegurat que eren correctes. Gran part també han estat extretes de la tesi del Dr. Luis Suñol<sup>2</sup>.

Les dades resumides estan separades en dues parts. La primera es referència per la simulació anual i consta dels índex de mala oclusió, com es reparteix i els diferents nivells de càries i el rics de patir cada un depenent de la peça.



**figura 12 – Probabilitats de caries i erosió depenent de la mala posició de la dent i del nivell de bacteris (Streptococcus)**

També s'han tingut presents l'índex de mala oclusió en depenent de l'edat. Aquest és el següent:

Edat	Peces mal oclusionades
<40	5.8±4.7
<59	7.8±4.2
>59	11.7±4.0

**figura 13 – Peces mal oclusionades depenent de l'edat**

<sup>2</sup> Veure Suñol, *Importancia del traumatismo oclusal...*, conclusiones

Finalment per repartir la oclusió dins de del conjunt de dents que més tendeixen a mal posicionar hem tingut en compte els estadístics per una banda i d'altra banda que les dents tendeixen a anar cap endavant.

Grup dentari	Probabilitat
<i>Incisius</i>	<i>0.157</i>
<i>Ullals</i>	<i>0.115</i>
<i>Premolars</i>	<i>0.468</i>
<i>Molars</i>	<i>0.160</i>

**figura 14 – Risc de mala oclusió depenent del seu grup dentari**

La segona part es referència en la simulació diària. Aquesta simulació calcula el nivell de bacteris i la variabilitat de pH bucal en un dia en concret. Aquestes dades serveixen per acabar obtenint la mitjana de nivell de pH i de bacteris anual, havent simulat així tantes simulacions diàries.

Donat que les dades ens requerien un tractament molt específic de la vida dels bacteris, com ja hem dit amb anterioritat s'utilitza una altra escala basada en els tests d'estudi que es refereixen aquestes variables i increments d'elles a partir d'uns certs valors.

Event	Característiques	Efecte
Menjar	<i>Ric Hidrats</i>	<i>+25 bactèries; -1 pH</i>
	<i>Normal</i>	<i>+2 bactèries; -1 pH</i>
Producció saliva (cada hora)	<i>0</i>	<i>+ 0.1 pH o +1 pH</i>
	<i>1</i>	<i>+1 pH or + 1.5pH</i>
Respatllar dents (1 sol cop)	<i>-1 bactèries</i>	
pH (cada hora)	<i>+0.5</i>	<i>-1 bactèries</i>
	<i>+0.25</i>	<i>-0.5 bactèries</i>
	<i>+0.15</i>	<i>-0.3 bactèries</i>

**figura 15 – Efecte diari sobre NB i pH**

#### 4.2.- Validació del model

Per validar el model donades un conjunt de dentadures tipus es va intentar mitjançant mètodes estadístics demostrar la base de la tesis en la qual havíem basat la simulació: que la relació entre la mala oclusió i la lesió és directe. Això és degut al fet que la dent al treballar malament durant un període prolongat es desgasta amb més facilitat trencant-se la capa d'esmalt fent així que els bacteris puguin actuar amb més facilitats, i afavorir a la pèrdua de la dentadura.

Primer de tot procedim a calcular el nombre de replicues a fer per poder validar el nostre model. Hem de fer un conjunt de replicues que tingui en compte els diversos estats en que pot estar una persona: pH elevats, fumador, drogoaddicte, que abusa del menjar, tot correcte, amb molta higiene, amb poca ...

Un cop calculades les mostres necessàries per fer l'experiment amb la  $n^*$  ens adonem que es molt més inferior que la que nosaltres necessitem, i per tant decidim tirar endavant amb el nostre nombre d'experiments ja que contra més experiments millor ja que ens donarà un estudi més acurat del sistema en qüestió.

Un cop executada la simulació i recollides les dades fem un estudi per intentar arribar a les mateixes conclusions d'on hem tret tots els estadístics. La idea és arribar a la conclusió que la mala posició esta directament relacionada amb la lesió de les dents.

Donada la mostra de població següent, tot ells començant als 20 anys, amb uns hàbits diferents i unes propietats morfològiques bucals diferents, procedim a veure com estan distribuïdes les poblacions.

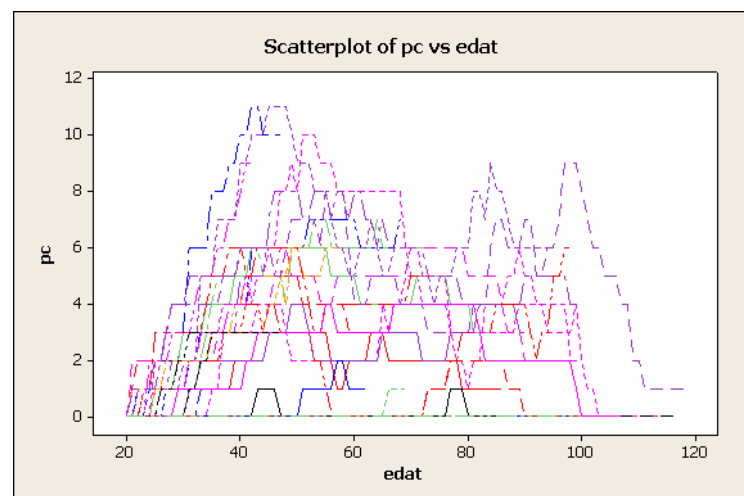
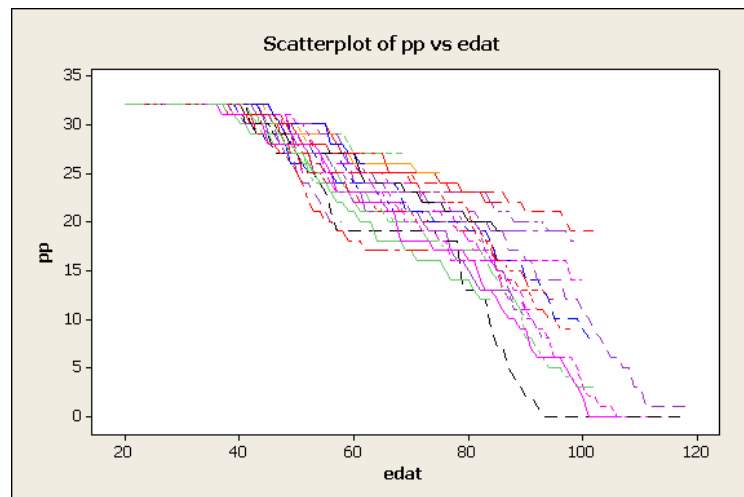
Variable	N	Mean	StDev	Minimum	Maximum
<i>Edad</i>	50	20,000	0,000	20,0	20,0
<i>pH</i>	50	5,130	0,709	4,0	6,0
<i>NB</i>	50	2,100	0,763	0,0	3,0
<i>Fd</i>	50	1,980	1,317	0,0	5,0
<i>Higiene</i>	50	1,580	0,928	0,0	3,0
<i>prodSaliva</i>	50	0,300	0,463	0,0	1,0
<i>menjades</i>	50	4,640	1,838	3,0	11,0
<i>tipus</i>	50	0,480	0,505	0,0	1,0

**figura 16 – Estadístics varis de les característiques inicials dels pacients<sup>3</sup>**

Un cop hem observat que les proves estàtiques estan ben distribuïdes dins de l'àmbit del tipus de persones que existeixen en el nostre domini de l'aplicació, comprovarem que els nombres aleatoris utilitzats són correctes fent-los passar uns tests per veure si generen nombres pseudo-aleatoris de veritat. Aquest apartat el podem veure al annexes.

<sup>3</sup> A partir d'ara parlarem de *Fd* com freqüència d'anar al odontòleg, *prodSaliva* com a 0 si no es abundant i com a 1 si es correcte. I a tipus com a tipus de menjada, sent 1 menjades riques en hidrats

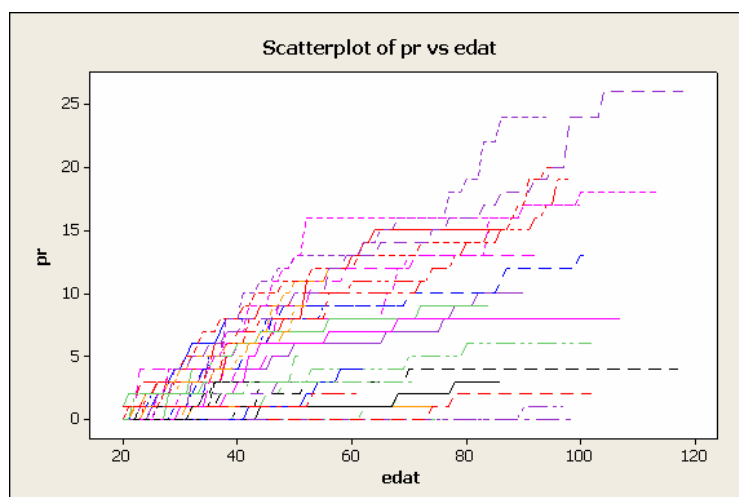
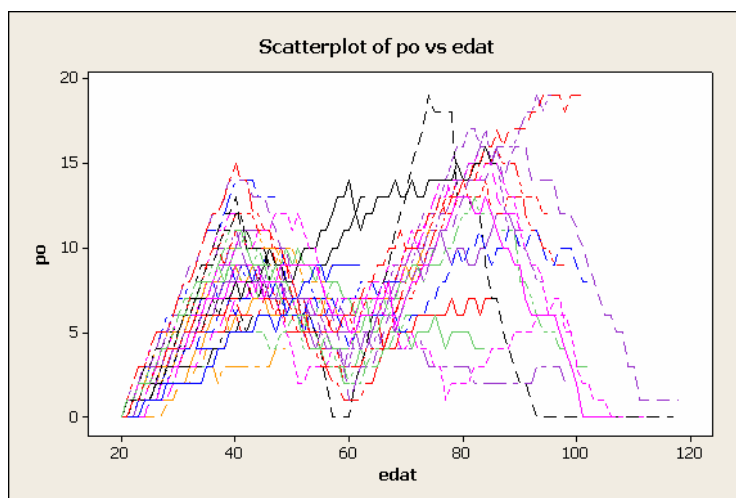
Donats els gràfics de la relació entre l'edat i les pp, po, pc, pr<sup>4</sup>, podrem observar la relació que hi ha entre aquestes variables tan importants. Els gràfics estan fets en colors i cada línia de colors representa un pacient diferent.



En el primer gràfic, on es reflexa el nombre de peces presents respecte l'any veiem clarament que tenen una relació més o menys lineal. Tot i que podem observar que per diferents pacients poden arribar als 100 anys, per posar un exemple amb més peces que d'altres. Això pot ser degut al fet que es cuidin més la salut bucal. En el segon gràfic observem que hi ha certs

<sup>4</sup> pp=peces presents, pc = peces cariades, po = peces mal oclusionades; pr = peces reparades

pacients amb un índex força elevat de caries i d'altres que ni tan sols n'en tenen al llarg de la seva vida, com anteriorment hem citat degut a la seva salut bucal, i com se la mantingui.

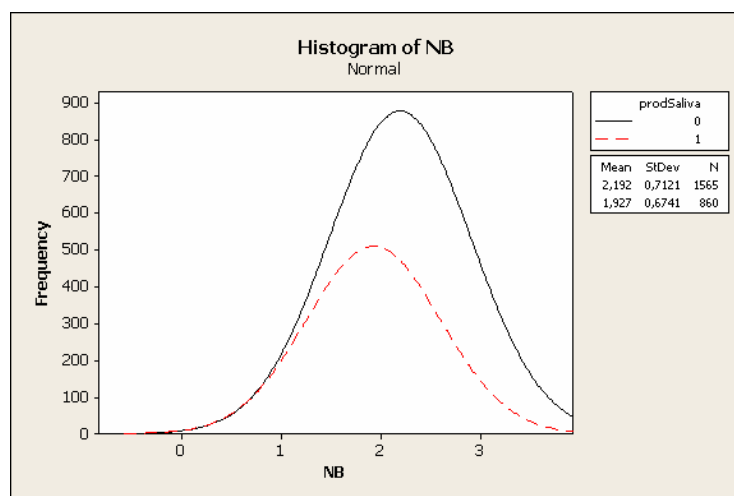
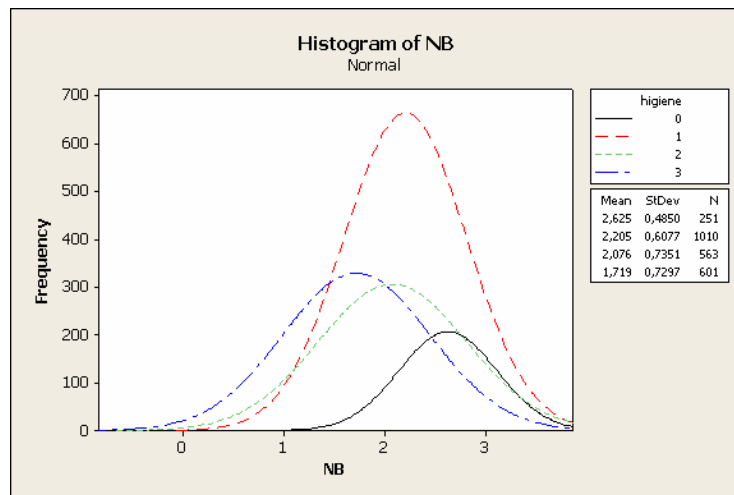


En el gràfic de les peces mal ocluides respecte l'edat veiem que augmenten les peces mal oclusionades en dues edats molt remarcades. Dels 20 als 40. Després la mala oclusió es manté durant 20 anys i finalment torna augmentar. Donat que la oclusió està marcada respecte les peces presents, dona la sensació que baixí tot i que no és cert. L'única cosa que passa és que es perden dents.

En l'últim gràfic veiem que les peces reparades a causa de caries gràcies al odontòleg augmenten al cap dels anys, al contrari que les peces presents.

De moment donat aquests gràfics podem assegurar que el simulador com a mínim les tasques bàsiques les fa suficientment aleatori i regint les regles d'integritat de la realitat.

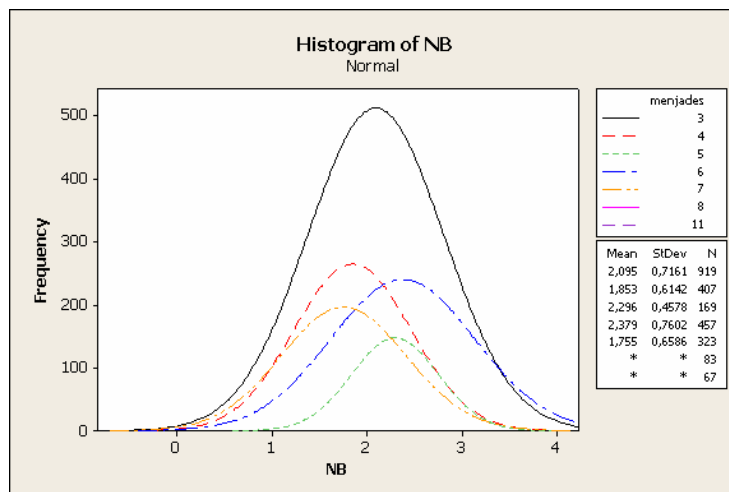
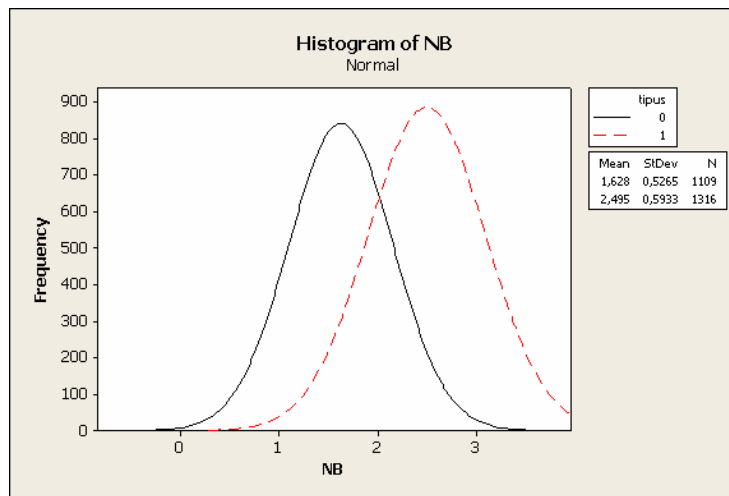
Ara passarem a demostrar quins factors afecten considerablement al nivell de bacteris. Ho farem representant uns histogrames de cada nivell de bacteris relacionat amb diversos aspectes, per demostrar que les poblacions de bacteris estan ben implementades.



En el primer histograma referent a la higiene observem que amb un nivell baix d'higiene (vermell o negre) les dues normals tendeixen cap un nivell alt de bacteris. En canvi, amb un nivell alt d'higiene el nivell de bacteris és baix.

Observant la producció de saliva respecte el pH acabem de confirmar el que ens havien dit els odontòlegs: “La saliva serveix per anivellar les poblacions, però ella sola no pot fer res tot i les seves característiques base, desinfectants i lubricants.



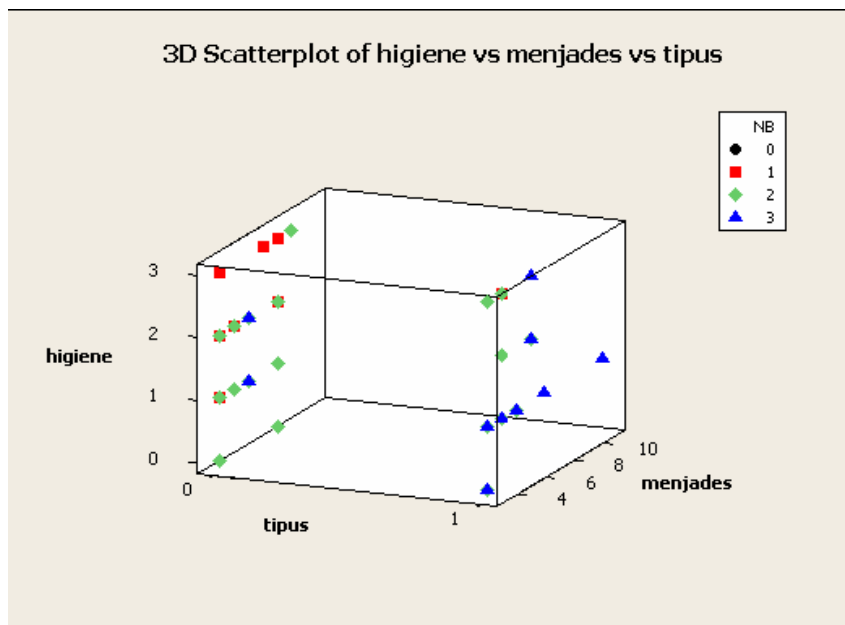


En d'histograma referent al tipus de menjar veiem que hi ha una clara diferència entre menjar correcte (0) i una dieta rica en hidrats (1). Aquestes dietes afavoreixen, com ja ens havien dit, a la evolució de la colònia de bacteris.

En el gràfic referent al nombre de menjades no afecta gents considerablement al nivell de bacteris. Com hem demostrat abans, en realitat el que afecta és el tipus d'alimentació.

Amb aquests quatre histogrames hem pogut observar que les simulacions llançades s'apropen molt al nivell conceptual de la realitat que buscàvem ja que no ens ha donat cap incongruència.

Ara podem observar un grafic en tres dimensions relacionant la higiene, el tipus de menjar i les menjades, separat pel color depenent del nivell de bacteris. En aquest grafic podem veure clarament les relacions i com si el menjar es ric en hidrats (tipus = 1) el nivell de bacteris ja és alt.



Ara procedirem a demostrar la part final de la validació del model, que les dents mal oclusionades tenen una relació directe amb les dents cariadades o lesionades. Per fer aquest càlcul transformarem les dades de les simulacions i mirarem mitjançant una regressió lineal si hi ha relació entre les pc/pp vs po/pp.

#### Regression Analysis: pc/pp versus po/pp

The regression equation is  
 $pc/pp = 0,0209 + 0,237 po/pp$

2384 cases used, 41 cases contain missing values

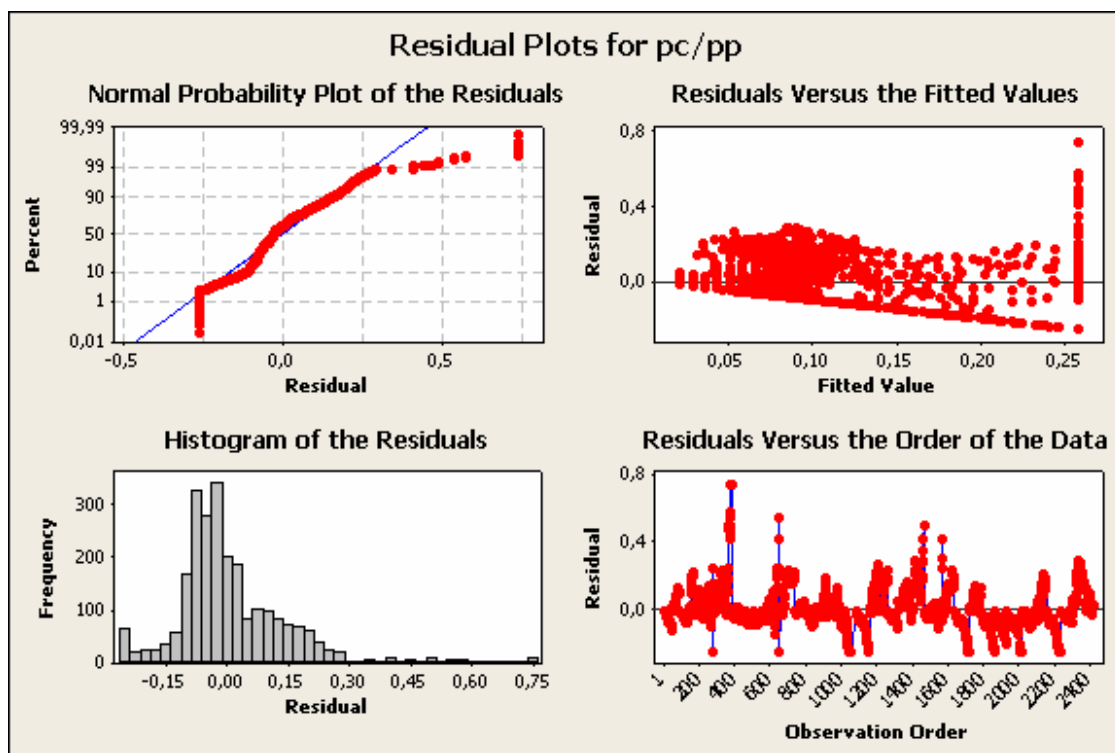
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,020856	0,003856	5,41	0,000
po/pp	0,237151	0,009766	24,28	0,000

S = 0,122888    R-Sq = 19,8%    R-Sq(adj) = 19,8%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	8,9042	8,9042	589,62	0,000
Residual Error	2382	35,9719	0,0151		
Total	2383	44,8761			

Tot seguit podem observar el gràfic dels residus de la regressió lineal.



En el gràfic de l'esquerra, comprovem que és normal i lineal, ja que els residus segueixen ben be la línia de la regressió. Tot seguit, en el gràfic dels valors acotats podem ben be dir que tenim homoscedasticitat, tot i el petit desnivell just més cap a l'esquerra. Finalment demostrarem que les dades son independents gràcies al grafic del ordre de les dades, ja que no podem dir que segueixi cap tipus de corba coneguda, i això significa que les dades son independents.

Donat que hem demostrat que existeix una regressió lineal entre po i pc, acabem de demostrar per altra banda que el nostre model de simulació es correcte, suposant sempre si que les nostres hipòtesis inicials amb les quals ens hem basat, i d'altres científiques del camp de la odontostomatologia i medicina també s'hi ha fixat.

## 5.- Disseny d'experiments

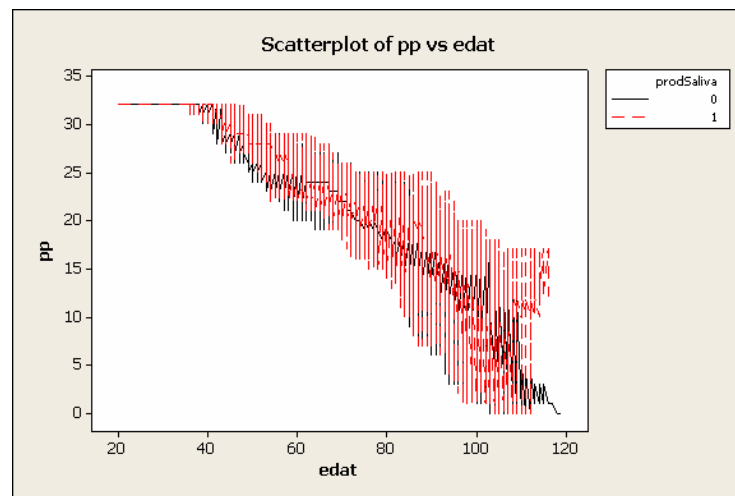
Un cop sabem que el simulador funciona mostrant-nos la realitat, decidim fer dos estudis per demostrar dos aspectes importants de la vida quotidiana.

### **5.1.- Drogues i salut bucal**

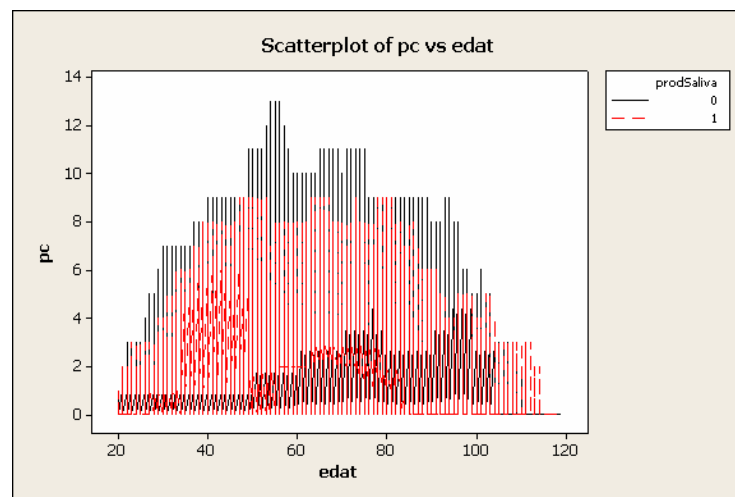
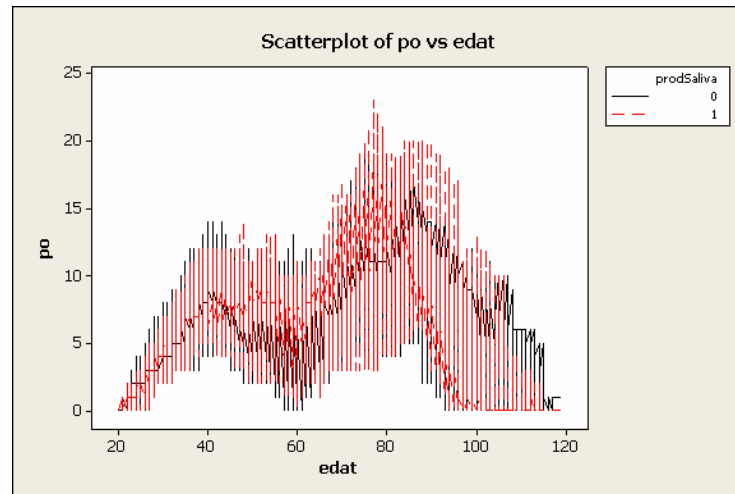
El primer de tots és la relació que tenen les drogues amb la cavitat bucal. Quan parlem de drogues ens referim tan a les legals com ara tabac i alcohol, i les il·legals com ara la marihuana, la cocaïna o les drogues sintètiques com MDMA, LCD, pastilles... El nostre estudi el basarem suposant un abús de qualsevol d'aquestes.

Hi ha estudis fets que demostren que totes es drogues citades anteriorment provoquen sequedat bucal, xerostomia, fet que fa que la producció de saliva sigui molt inferior a lo normal i hi hagi un fort desequilibri que provoca que caiguda de les dents més ràpida, nivell més elevat dels bacteris al viure amb un pH més àcid i una forta erosió.

Aquí observem els gràfics del les diferents relacions de les peces amb les drogues i sense les drogues. Per generar aquesta mostra hem fet 50 pacients que prenen drogues i 50 que no. I els hem comparat. Els que prenen drogues tenen una producció de saliva igual a 0, de color negre.



En aquest gràfic de peces presents observem que el negre sobresurt més per avall, i el vermell més a munt. Això significa que la gent que pren drogues de mitja arriba a la vellesa amb menys dents. Això es bastant cert ja que la boca al estar amb sequedat constant afecta les genives i l'estructura de subjecció de les dents.



En aquests gràfics podem acabar-nos d'assegurar que les drogues afecten la boca. Sobretot es important veure que augmenta el nivell de càries donat que com que la saliva no pot recuperar els nivells alterats de pH i bacteries augmenta el risc de lesions diverses.

## 5.2.- Salut bucal i visites a l'odontòleg

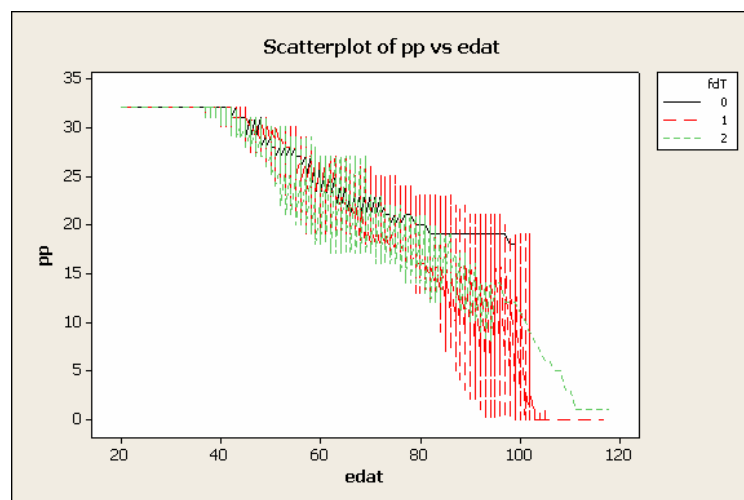
Avui en dia la gent tendeix a visitar el metge només quan té un problema greu. Aquest fet provoca que moltes vegades sigui massa tard per trobar una solució senzilla per solucionar el petit problema que en un bon principi hauria sorgit.

Aquest fet també afecte als odontòlegs. Això és degut a que molta gent pensa que una bona salut bucal és econòmicament cara i a més tampoc serveix per tant ja que: qui et veurà les dents si no obres la boca? Això no es del tot cert, les dents son una part molt important estèticament. Però deixant de banda l'estètica, tot i ser força important per molts factors de la vida, la boca es salut. Això significa que si et cuides be la cavitat durant tota la teva vida tindràs la teva recompensa. Una boca plena de dents ben posades, podent menjar de tot i assaborint.

Ara be, si evitem seguir la tònica de la gent i fem una visita al odontòleg periòdicament podem arribar a solucionar petits problemes ràpidament, sense grans costos econòmics i amb grans avantatges.

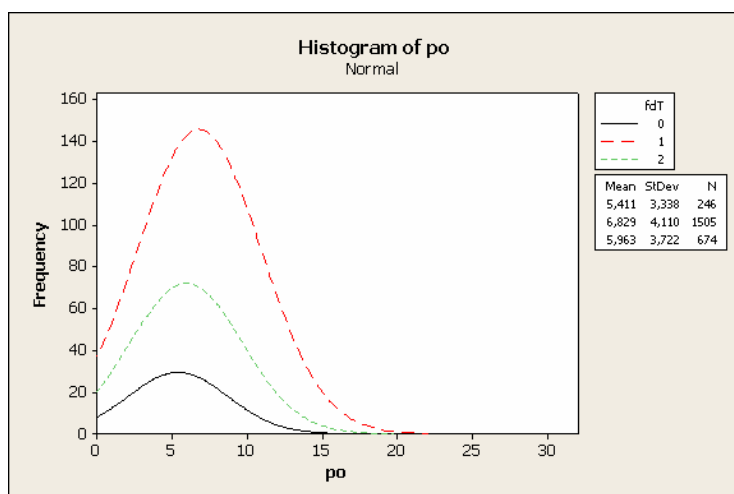
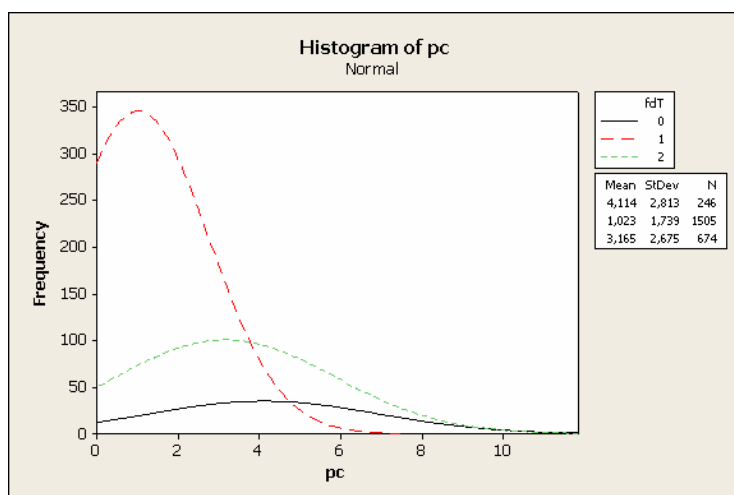
Hem fet un estudi considerant la importància d'anar al odontòleg separant un conjunt de pacients per si no van mai, uns que van cada any i uns que van cada 3 o més. Aquests tres tipus els em numerat del 0 al 2 corresponentment i els hem relacionat juntament amb l'edat i les pp, pc i po.

Aquí podem veure tots els gràfics que ens posen en evidència el fet comentat amb anterioritat.



En aquest gràfic podem veure la relació entre les peces presents i la freqüència d'anar al odontòleg. En aquest gràfic veiem clarament que al principi no és important anar al odontòleg però al cap dels anys passa factura i el mal estat de la boca fa que vagis perdent totes les dents fins arribar a un estat lamentable.

En els gràfics d'aquí a baix primer observem que la gent que va amb molta freqüència, té moltes menys caries que la gent que no hi passa mai. Com a dada podem veure que les caries en un cas segueixen la normal (1,023;1,739) i en els casos que no passa mai per l'odontòleg segueix una normal (4,114;2,813), que equival a unes 5 caries més de promig. El nivell d'erosió veiem que no afecta molt el fet d'anar o no anar sovint, però es lògic ja que si desgastes les dents es per altres qüestions que no tenim presents a la simulació.



## 6.- Resum i conclusions

La boca és una de les parts més importants del nostre organisme. Gracies a ella podem mastegar, gaudir els sabors, articular sons, donar petons i fer una infinitats de coses que ens fan gaudir. Tenir una boca agradable a la vista, neta, i cuidada és una base per entrar a conversar amb algú. Si no ens la cuidem no podrem gaudir-la al cent per cent.

Avui en dia la tecnologia avança estrepitosament, i ja ens permet tenir eines de previsió suficientment avançades per tal de poder saber que podrà passar en un futur ben proxim. El nostre projecte s'encarrega d'això: simular. Intentem predir el futur i poder avisar amb antelació a algú que esta jugant amb el seu futur i la seva salut. Intentem donar una visió objectiva a qualsevol pacient de quin serà el seu futur si continua mantenint els seus habits tan alimentaris, com higienics.

És per això que hem decidit crear aquest programa per ajudar a la gent a adonar-se que tan les drogues, deixar d'anar d'anar al odontòleg a fer-se una visita periòdica és perillós. Segurament, no a curt plaç, però a la llarga una vida plena de desastres i acumulats descuits passen factura i que més que intentar prevenir aquests amb una parts que ens dona tan i ens fa gaudir com tots els altres sentis.

Simular és una eina per poder entendre més i millor el futur. Però encara no és una eina perfecte. Sempre es treballa amb uns intervals de confiança i aquest fet la fa debil, o a la vegada forta ja que no saps mai que passarà del tot segur, i que millor que això per tenir una vida plena d'emocions.



## 7.- Annexes

### 7.1.- Bibliografia

Suñol Periu, Lluís (1996), Importancia del traumatismo oclusal en la etiología y desarrollo de la patología dentaria cervical. Barcelona: Universidad de Barcelona

Mouton Ch. Robert J.C. (1995), Bacteriologia Bucodental. Masson, Barcelona

Avances en odontostomatología. (1997) Vol. 13 – Suppl. A

Dry Mouth and Salivary Flow (<http://www.drymouth.info/practitioner/salivaryFlow.asp>)

Oral Rehabilitation (<http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2842.2004.01253.x>)

Estimación del riesgo a caries dental en escolares a través de evaluaciones clínicas, microbiológicas y radiológicas (<http://www.sopromed.cl/riesgocaries.html>)

Salud para todos (<http://www.sdpt.net/indexsimplificadobigieneoral.htm>)

Odontólogos y dentífricos (<http://www.cio.com.gt/dentifricos/resultados.htm>)

## 7.2.- El generador de numeros aleatoris

Per realitzar la simulació, en fet ús d'un generador de numeros aleatoris implementat per nosaltres. Hem utilitzat aquest tipus de generador per que així ens es posible repetir els experiements que altrament fora impossible tornar a repetir. Hem provat l'algoritme amb diferents llavors, totes elles numeros primers, 2, 3, 17, 97 i 151 i en totes elles ens ha donat resultats satisfactoris.

$$X_n = (\text{long})( (9739 * X_n + 23209) \% 2^{16} );$$

En l'aplicació també hem donat la opció a l'usuari d'utilitzar las llavor que més l'interessi.

Com es pot veure en la sortida dels tests, el generador funciona correctament. Per tant podem acceptar els resultats obtinguts amb les simulacions.

```

Test de FREQUENCIES :    7.633    --> SI passa el Test
Test SERIE :    67.867    --> SI passa el Test
Test de GAP :    14.808    --> SI passa el Test
Test de YULE-WALKER :    58.582    --> SI passa el Test
Test de DISTANCIES :    8.463    --> SI passa el Test
Test de AUTOCORRELACIO :
44 cel.les SI passen el Test -- 88% Sí
6 cel.les NO passen el Test
Test de KOLMOGOROV : --> SI passa el Test
Test de MAXMIN-DOWN :    100.611    --> SI passa el Test
*****
TESTS. Prova de generadors de numeros aleatoris.
*****

v.1.0 - Octubre 1993 --- EIO-UPC

*****
Test de FREQUENCIES :    7.633    --> SI passa el Test

Mostra de dimensió 3000, alfa=0.05, 9 gdl, passa si <=16.9

c[ 1]: 295 | c[ 2]: 289 | c[ 3]: 291 | c[ 4]: 336 | c[ 5]: 304 |
c[ 6]: 284 | c[ 7]: 311 | c[ 8]: 307 | c[ 9]: 301 | c[10]: 282 |

*****
Test SERIE :    67.867    --> SI passa el Test

Mostra de dimensió 1500 parells de digits, alfa=0.05, 99 gdl, passa si <=123.9

16 | 17 | 10 | 17 | 13 | 14 | 15 | 13 | 17 | 19 |
14 | 10 | 19 | 16 | 20 | 14 | 12 | 11 | 19 | 15 |
10 | 13 | 14 | 24 | 13 | 16 | 16 | 15 | 15 | 12 |
19 | 17 | 13 | 21 | 15 | 14 | 12 | 14 | 16 | 15 |
14 | 14 | 14 | 15 | 18 | 13 | 15 | 11 | 17 | 13 |

```

```

15 | 14 | 13 | 13 | 16 | 17 | 16 | 20 | 15 | 10 |
15 | 13 | 18 | 18 | 22 | 11 | 16 | 11 | 20 | 11 |
15 | 16 | 15 | 13 | 14 | 18 | 21 | 18 | 14 | 22 |
13 | 13 | 11 | 22 | 17 | 10 | 19 | 17 | 11 | 11 |
13 | 12 | 16 | 21 | 12 | 8 | 14 | 11 | 13 | 17 |

```

\*\*\*\*\*

**Test de GAP :** 14.808 --> **SI passa el Test**

Mostra de dimensió 3000, alfa=0.05, 21 gdl, passa si <=32.7  
apareixen 291 gaps per al dígit 2

Freqüències Empíriques:

```

c[ 1]: 32 | c[ 2]: 26 | c[ 3]: 25 | c[ 4]: 18 | c[ 5]: 25 | c[ 6]: 15 | c[ 7]: 8
| c[ 8]: 15 | c[ 9]: 9 | c[10]: 14 | c[11]: 10 |
c[ 6]: 15 | c[ 7]: 8 | c[ 8]: 15 | c[ 9]: 9 | c[10]: 14 | c[11]: 10 | c[12]: 11
| c[13]: 7 | c[14]: 5 | c[15]: 7 | c[16]: 6 | c[17]: 8 | c[18]: 2 | c[19]:
7 | c[20]: 3 | c[21]: 3 | c[22]: 35 |

```

\*\*\*\*\*

**Test de YULE-WALKER :** 58.582 --> **SI passa el Test**

Mostra de dimensió 3000, alfa=0.05, 45 gdl, passa si <=61.8  
utilitzem 600 sumes de cinc dígit

Freqüències Empíriques:

```

c[ 1]: 0 | c[ 2]: 0 | c[ 3]: 0 | c[ 4]: 0 | c[ 5]: 0 | c[ 6]: 2 | c[ 7]: 0
| c[ 8]: 0 | c[ 9]: 3 | c[10]: 7 | c[11]: 11 |
c[12]: 9 | c[13]: 8 | c[14]: 17 | c[15]: 12 | c[16]: 24 | c[17]: 30 | c[18]: 23
| c[19]: 23 | c[20]: 26 | c[21]: 36 | c[22]: 26 |
c[23]: 39 | c[24]: 35 | c[25]: 37 | c[26]: 30 | c[27]: 38 | c[28]: 33 | c[29]: 18
| c[30]: 29 | c[31]: 16 | c[32]: 19 | c[33]: 16 |
c[34]: 7 | c[35]: 6 | c[36]: 7 | c[37]: 6 | c[38]: 1 | c[39]: 2 | c[40]: 0
| c[41]: 1 | c[42]: 1 | c[43]: 2 | c[44]: 0 | c[45]: 0 | c[46]: 0 |

```

\*\*\*\*\*

**Test de DISTANCIES :** 8.463 --> **SI passa el Test**

Mostra de dimensió 3000, alfa=0.05, 19 gdl, passa si <=30.1  
utilitzem 750 quadrats de distàncies amb valors  
entre 0.0 i 2.0 amb incr.de 0.1 (20 cel·les)

Freqüències Empíriques:

```

c[ 1]: 175 | c[ 2]: 140 | c[ 3]: 102 | c[ 4]: 81 | c[ 5]: 69 | c[ 6]: 51 | c[ 7]: 46

```

```
| c[ 8]: 39 | c[ 9]: 24 | c[10]: 8 |
c[11]: 7 | c[12]: 4 | c[13]: 1 | c[14]: 1 | c[15]: 1 | c[16]: 1 | c[17]: 0
| c[18]: 0 | c[19]: 0 | c[20]: 0 |
```

```
*****
```

**Test de AUTOCORRELACIO :**

**44 cel.les** SI passen el Test

**6 cel.les** NO passen el Test

Mostra de dimensió 3000, passa si totes les 50 cel.les  
tenen valors compresos entre 0.0025 i 0.08

Cel.les :

```
c[ 1]: 0.013 | c[ 2]: 0.013 | c[ 3]: 0.026 | c[ 4]: 0.006 | c[ 5]: 0.008 |
c[ 6]: 0.016 | c[ 7]: 0.015 | c[ 8]: 0.014 | c[ 9]: 0.028 | c[10]: 0.010 |
c[11]: 0.003 | c[12]: 0.018 | c[13]: 0.001 | c[14]: 0.005 | c[15]: 0.013 |
c[16]: 0.003 | c[17]: 0.002 | c[18]: 0.017 | c[19]: 0.007 | c[20]: 0.002 |
c[21]: 0.012 | c[22]: 0.000 | c[23]: 0.010 | c[24]: 0.013 | c[25]: 0.007 |
c[26]: 0.000 | c[27]: 0.003 | c[28]: 0.003 | c[29]: 0.009 | c[30]: 0.012 |
c[31]: 0.016 | c[32]: 0.029 | c[33]: 0.030 | c[34]: 0.001 | c[35]: 0.027 |
c[36]: 0.008 | c[37]: 0.003 | c[38]: 0.037 | c[39]: 0.012 | c[40]: 0.013 |
c[41]: 0.027 | c[42]: 0.008 | c[43]: 0.017 | c[44]: 0.017 | c[45]: 0.041 |
c[46]: 0.008 | c[47]: 0.055 | c[48]: 0.010 | c[49]: 0.024 | c[50]: 0.005 |
```

```
*****
```

**Test de KOLMOGOROV :** --> **SI** passa el Test

**Test de KOLMOGOROV :**

Mostra de dimensió 3000, K+ = 0.54603 | K- = 0.53132  
acceptem amb alfa=0.05. valor limit 1.36000

```
*****
```

**Test de MAXMIN-UP :** 93.667 --> **SI** passa el Test

Mostra de dimensió 3000, alfa=0.05, 99 gdl, passa si <=123.2  
utilitzem 600 conjunts de numeros

Cel.les :

```
c[ 1]: 10 | c[ 2]: 6 | c[ 3]: 3 | c[ 4]: 3 | c[ 5]: 8 | c[ 6]: 13 | c[ 7]: 6 | c[
8]: 6 | c[ 9]: 5 | c[10]: 5 |
c[11]: 4 | c[12]: 7 | c[13]: 8 | c[14]: 2 | c[15]: 4 | c[16]: 11 | c[17]: 7 |
c[18]: 5 | c[19]: 3 | c[20]: 9 |
c[21]: 5 | c[22]: 4 | c[23]: 2 | c[24]: 5 | c[25]: 7 | c[26]: 6 | c[27]: 3 |
c[28]: 6 | c[29]: 10 | c[30]: 4 |
c[31]: 6 | c[32]: 5 | c[33]: 8 | c[34]: 9 | c[35]: 6 | c[36]: 6 | c[37]: 6 |
c[38]: 5 | c[39]: 2 | c[40]: 4 |
```

c[41]: 4 | c[42]: 9 | c[43]: 8 | c[44]: 6 | c[45]: 6 | c[46]: 8 | c[47]: 9 |  
 c[48]: 7 | c[49]: 8 | c[50]: 3 |  
 c[51]: 10 | c[52]: 13 | c[53]: 7 | c[54]: 8 | c[55]: 4 | c[56]: 7 | c[57]: 6 |  
 c[58]: 3 | c[59]: 6 | c[60]: 10 |  
 c[61]: 6 | c[62]: 5 | c[63]: 7 | c[64]: 6 | c[65]: 6 | c[66]: 8 | c[67]: 7 |  
 c[68]: 3 | c[69]: 3 | c[70]: 7 |  
 c[71]: 5 | c[72]: 3 | c[73]: 6 | c[74]: 7 | c[75]: 5 | c[76]: 6 | c[77]: 8 |  
 c[78]: 3 | c[79]: 5 | c[80]: 7 |  
 c[81]: 6 | c[82]: 7 | c[83]: 7 | c[84]: 6 | c[85]: 8 | c[86]: 8 | c[87]: 1 |  
 c[88]: 5 | c[89]: 5 | c[90]: 7 |  
 c[91]: 12 | c[92]: 4 | c[93]: 5 | c[94]: 6 | c[95]: 5 | c[96]: 6 | c[97]: 5 |  
 c[98]: 3 | c[99]: 3 | c[100]: 2 |

**Test de MAXMIN-DOWN : 100.611 --> SI passa el Test**

Mostra de dimensió 3000, alfa=0.05, 99 gdl, passa si  $\leq 123.2$   
 utilitzem 600 conjunts de numeros

Cel.les :

c[ 1]: 12 | c[ 2]: 3 | c[ 3]: 6 | c[ 4]: 3 | c[ 5]: 8 | c[ 6]: 4 | c[ 7]: 10 | c[ 8]: 1 | c[ 9]: 8 | c[10]: 8 |  
 c[11]: 3 | c[12]: 6 | c[13]: 1 | c[14]: 5 | c[15]: 8 | c[16]: 9 | c[17]: 6 |  
 c[18]: 5 | c[19]: 7 | c[20]: 7 |  
 c[21]: 7 | c[22]: 6 | c[23]: 9 | c[24]: 6 | c[25]: 5 | c[26]: 4 | c[27]: 7 |  
 c[28]: 8 | c[29]: 6 | c[30]: 5 |  
 c[31]: 10 | c[32]: 9 | c[33]: 7 | c[34]: 2 | c[35]: 10 | c[36]: 6 | c[37]: 4 |  
 c[38]: 6 | c[39]: 5 | c[40]: 4 |  
 c[41]: 6 | c[42]: 5 | c[43]: 6 | c[44]: 7 | c[45]: 5 | c[46]: 6 | c[47]: 2 |  
 c[48]: 9 | c[49]: 9 | c[50]: 7 |  
 c[51]: 8 | c[52]: 9 | c[53]: 5 | c[54]: 7 | c[55]: 4 | c[56]: 5 | c[57]: 9 |  
 c[58]: 4 | c[59]: 5 | c[60]: 4 |  
 c[61]: 9 | c[62]: 5 | c[63]: 4 | c[64]: 7 | c[65]: 7 | c[66]: 6 | c[67]: 5 |  
 c[68]: 8 | c[69]: 5 | c[70]: 5 |  
 c[71]: 7 | c[72]: 3 | c[73]: 4 | c[74]: 3 | c[75]: 5 | c[76]: 6 | c[77]: 3 |  
 c[78]: 6 | c[79]: 10 | c[80]: 5 |  
 c[81]: 2 | c[82]: 9 | c[83]: 6 | c[84]: 6 | c[85]: 7 | c[86]: 7 | c[87]: 7 |  
 c[88]: 7 | c[89]: 7 | c[90]: 8 |  
 c[91]: 8 | c[92]: 4 | c[93]: 7 | c[94]: 9 | c[95]: 4 | c[96]: 9 | c[97]: 2 |  
 c[98]: 4 | c[99]: 1 | c[100]: 5 |