Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 1 de 12

01 Introducció

En aquest exercici aprendrem a combinar elements senzills (com les primitives bàsiques) mitjançant operacions booleanes per tal d'aconseguir formes més complexes.

Les operacions booleanes estan basades en l'àlgebra de George Boole, que va ser un element clau en l'aparició i consolidació de l'electrònica moderna. En el nostre cas, les operacions booleanes ens permetran sumar, restar, intersecar, etc. objectes que haguem dibuixat prèviament.

Per comprendre el funcionament i peculiaritats d'aquestes operacions, dibuixarem una clau a partir de formes senzilles. També veurem formes noves de moure i rotar objectes i ens introduirem en algunes eines bàsiques de creació de superfícies complexes.

Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 2 de 12

02 Configuració de les unitats de dibuix

3ds max treballa tant amb unitats de dibuix genèriques com amb unitats definides. Pot resultar interessant definir en quines unitats estem treballant quan volem introduir dimensions amb unitats diferents: així, podem definir les unitats com a metres, però podem dibuixar alguns elements en mil·límetres si ho desitgem, afegint *mm* al final del valor.

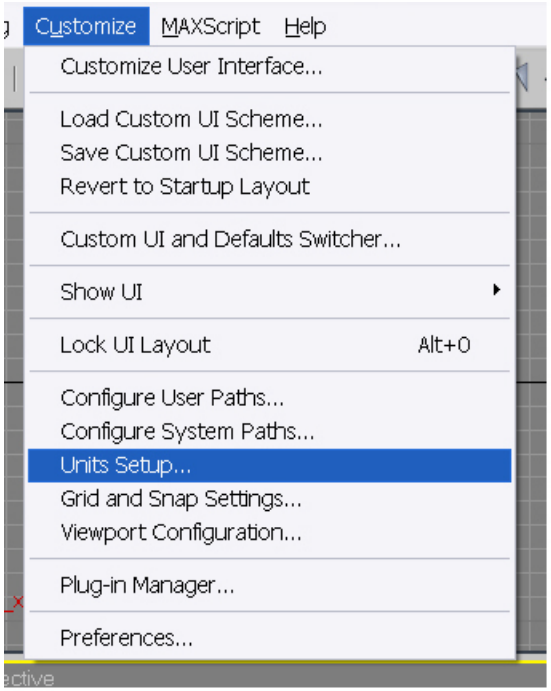
De tota manera, també podríem introduir directament les dimensions en metres, ja que en el mateix moment en què creem un objecte en mil·límetres les seves dimensions en el dibuix es transformen automàticament en metres, de manera proporcional. És a dir, que definir les unitats d'una escena pot facilitar el procés de dibuix, però no és necessari perquè el dibuix sigui correcte.

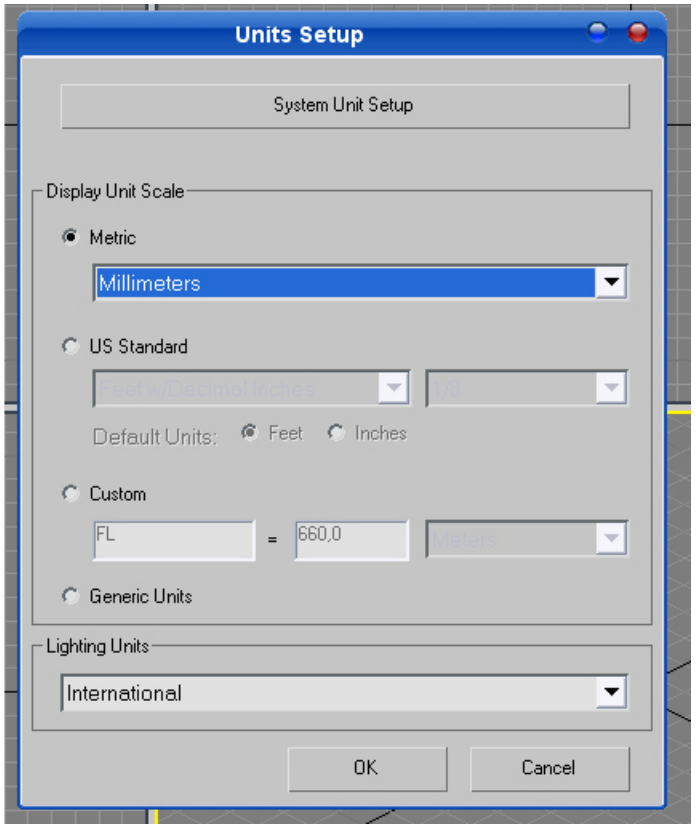
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 2 de 12

Per definir el valor de les unitats de dibuix de l'escena, anem a **Customize / Units Setup** i marquem la opció que vulguem: **Metric** (sistema mètric), **US Standard** (sistema anglosaxó) o **Custom**. **Generic Units** és l'opció activa per defecte.

De la llista desplegable de **Metric** i **US Standard** podem escollir una de les seves múltiples opcions. Aquest canvi afecta les unitats de l'escena, no a les del sistema. Seguidament veurem com canviar aquestes últimes.





Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

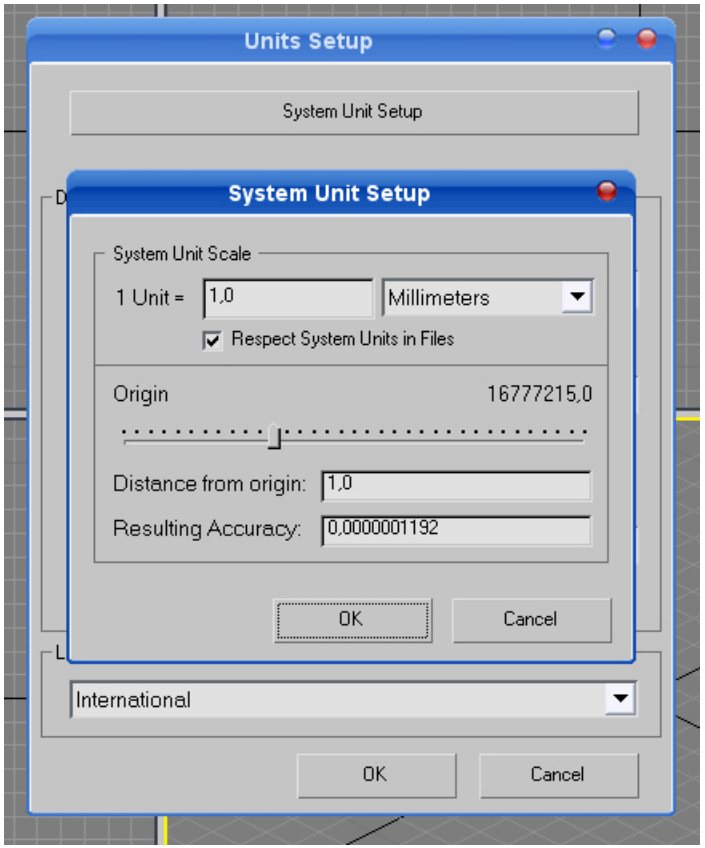
Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 2 de 12

El canvi d'unitats que hem realitzat ara no deixa de ser una operació cosmètica: el funcionament del programa serà el mateix, només canvien les unitats que acompanyen les mesures dels objectes.

No obstant això, en alguns casos concrets pot ser convenient modificar les unitats del programa d'una manera "real": quan treballem amb objectes de dimensions inferiors a una unitat o superiors a milers d'unitats (això depèn també de les unitats que fem servir, és preferible dibuixar un objecte de 2 km de costat que un altre de 2000m).

A causa de la forma en què treballa 3ds max, en dibuixar objectes que s'allunyen molt de les dimensions normals (entre una i mil unitats, aproximadament), perdem precisió en el dibuix i podem trobar-nos també amb problemes en la visualització de l'escena.

Per solucionar aquest inconvenient, podem modificar les unitats del sistema, prement a **System Unit Setup** al panell de diàleg **Units Setup**, al qual hem accedit abans per canviar les unitats.



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 2 de 12

Aquí podrem definir quantes unitats reals representa una unitat de dibuix: així, una unitat del programa poden ser 10 o 100 quilòmetres, amb el que podríem seguir treballant en quilòmetres sense haver de limitar-nos a objectes de menys de 1000km de dimensió, ja que serien menys de mil unitats.

És important realitzar els canvis d'unitats (tant les de dibuix com les del sistema) sempre abans de començar a dibuixar: realitzar aquests canvis quan ja hi ha alguns elements en l'escena pot produir resultats no desitjats.

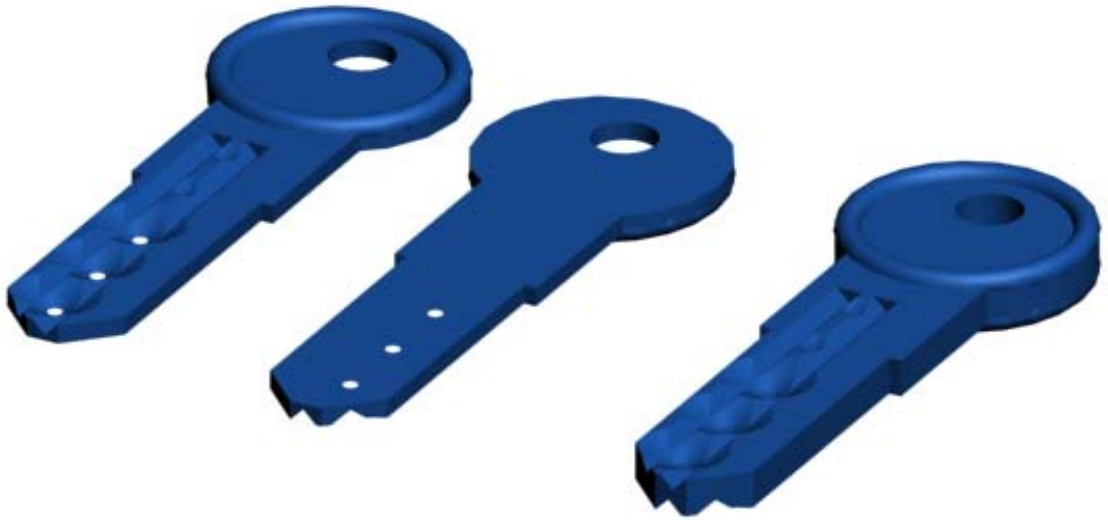
Canviem les unitats de l'escena a *mil·límetres* per dibuixar la clau a una escala adequada.

Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 3 de 12

03 Primers passos de la clau

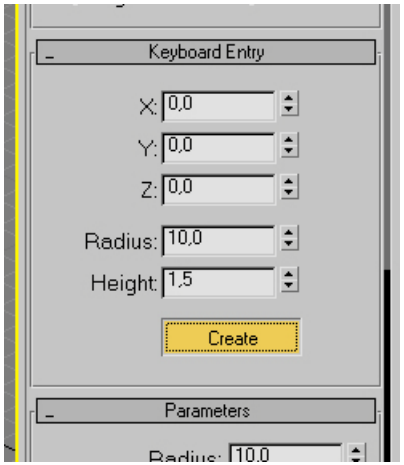
Començarem dibuixant la clau en posició horitzontal. Per ara només dibuixarem la meitat superior de la clau (la meitat que quedaria en la part de l'eix **Z** positiu partint del centre de l'objecte). Aplicarem diverses operacions booleanes a aquesta part, i un cop acabada, la copiarem a la meitat inferior de la clau. Això ens permetrà no haver de repetir el procés dues vegades.



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 3 de 12

El primer element a dibuixar serà un cilindre, amb les dimensions que es mostren a la imatge. El definirem amb l'opció **Keyboard Entry**. Per ara no cal canviar-li el nom, encara que podem fer-ho si volem.



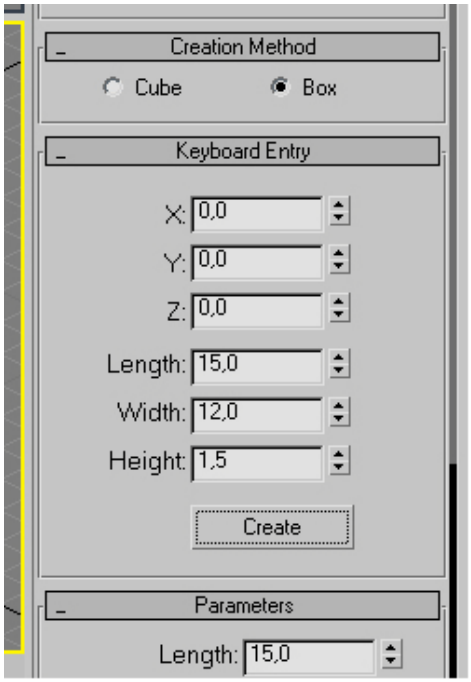
Aprofitem per guardar el dibuix, amb un nom prou descriptiu (per exemple, "Claus"). És important que l'estudiant vagi guardant el document de tant en tant, i fins i tot que crei còpies graduals.

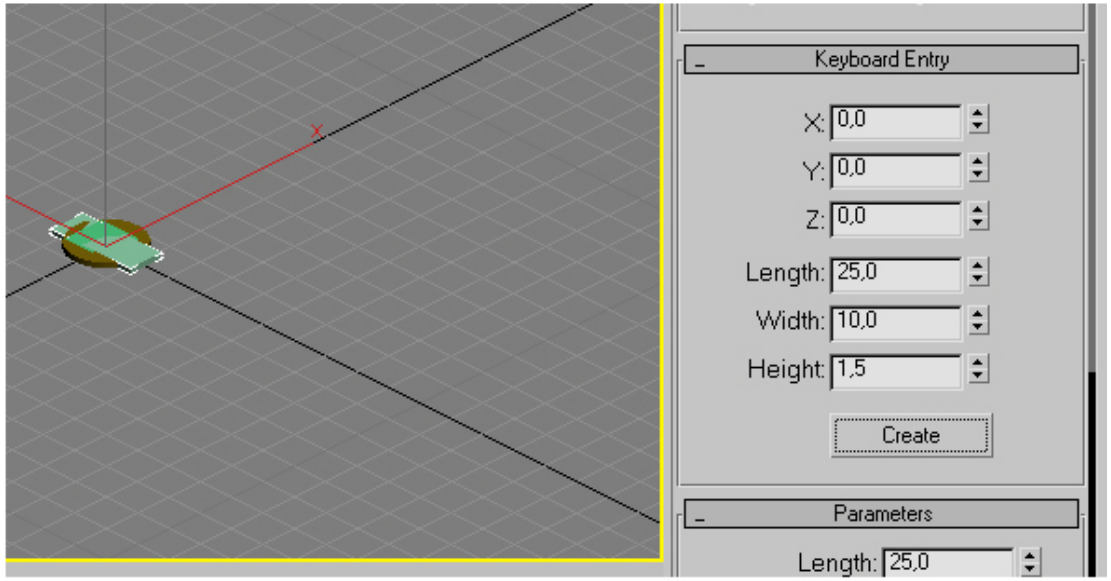
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 4 de 12

04 Les peces bàsiques de la clau

Seguidament, dibuixarem dues caixes que, juntament amb el cilindre, definiran la forma general de la clau. Es mostraran els passos per dibuixar-les mitjançant **Keyboard entry** (encara que hauran de ser ressituades a sota), però l'estudiant pot canviar de procediment si així ho desitja. En la imatge es mostren les dimensions de les dues caixes que crearem. De moment, la seva posició no ens importa.



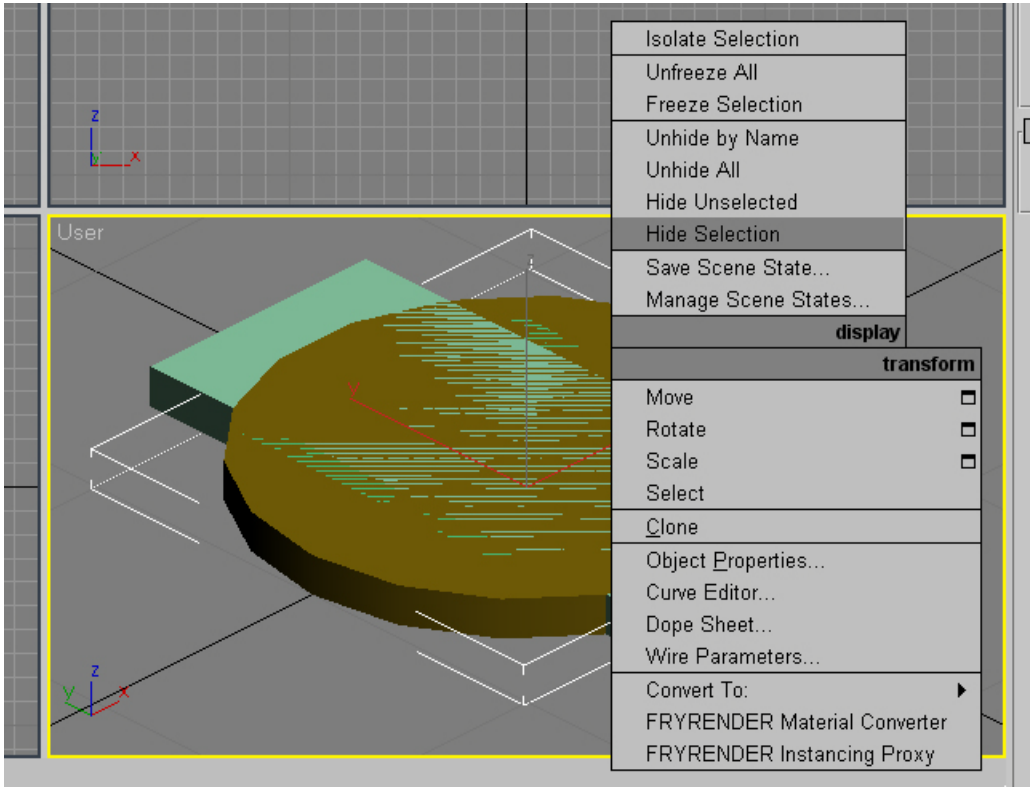


Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 4 de 12

Ara procedirem a situar les caixes al seu lloc. És possible que en intentar seleccionar la caixa petita fent clic a sobre seu, ens trobem amb que se selecciona el cilindre enlloc de la caixa. Per resoldre aquesta situació, amagarem temporalment el cilindre. Hem de seleccionar-lo primer, i després fer clic dret (en qualsevol part del visor) perquè ens aparegui el menú **Quad**.

Aquest menú ens proporciona un accés fàcil a certes eines, a més de mostrar diferents opcions en funció de l'objecte seleccionat. En aquest cas, escollim **Hide Selection**.

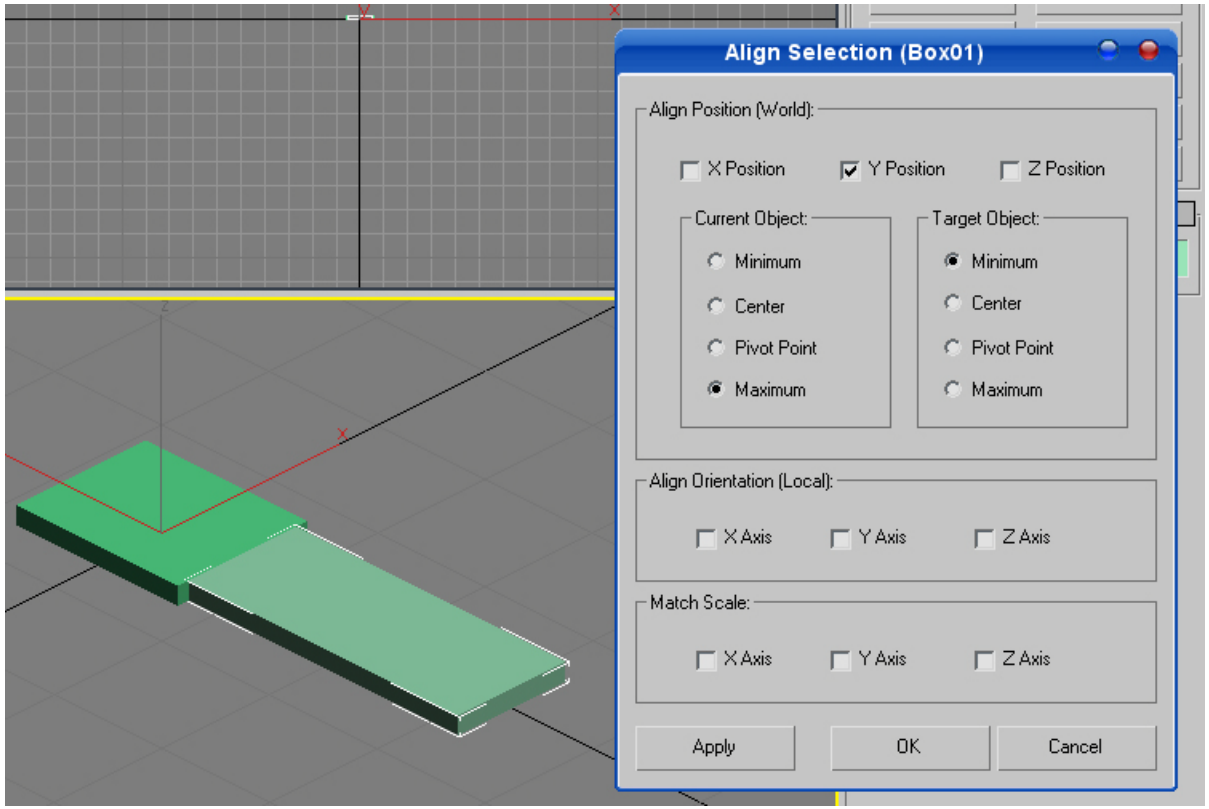


Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 4 de 12

D'aquesta manera, el cilindre desapareixerà dels visors. No l'hem esborrat: més endavant el podrem recuperar sense problemes, fent de nou clic dret sobre el visor (no cal tenir res seleccionat) i escollint **Unhide All** del menú **Quad**. Tornem a amagar el cilindre.

Ara seleccionem la segona caixa que hem dibuixat (la més allargada) i l'alineem sobre l'eix **Y** amb la primera caixa, mitjançant l'eina **Align**. Acceptem per canviar la posició de la caixa.

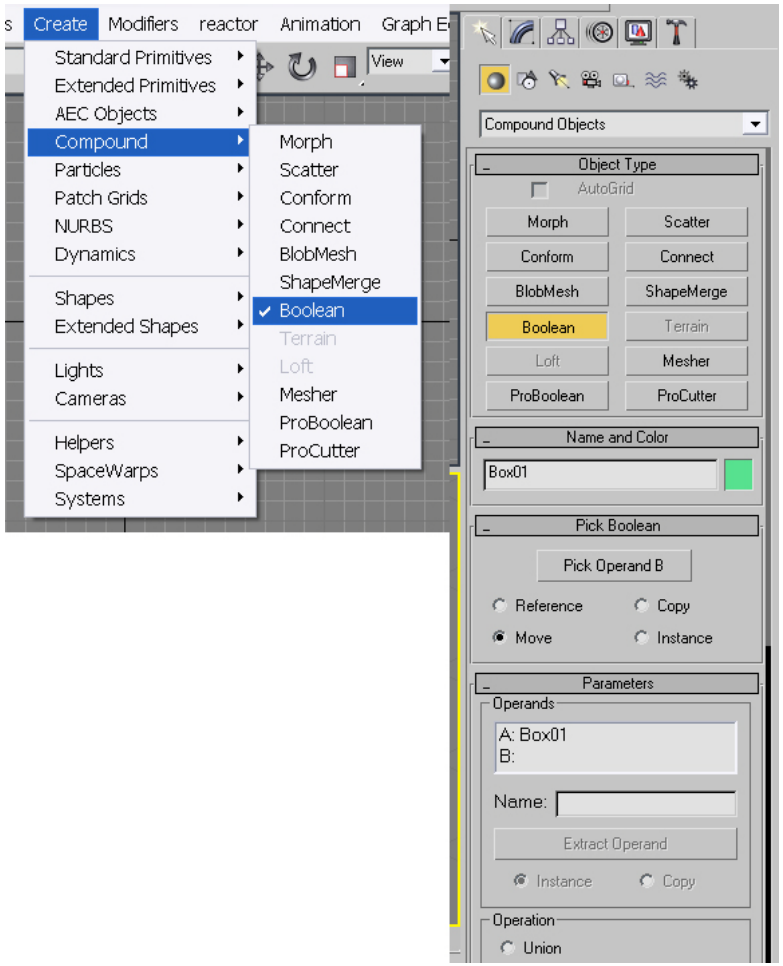


Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 4 de 12

Abans de tornar a mostrar el cilindre, convertirem les dues caixes en un sol objecte. Ens valdrem de l'operació booleana **Union**, que consisteix en "sumar" dos objectes, és a dir, unir la geometria dels dos, fusionant-los en el seu punt de trobada. El resultat final actuarà com un sol element.

Seleccionem primer la caixa situada sobre l'origen de coordenades (encara que podríem utilitzar qualsevol de les dues) i creem un objecte **Boolean,** que trobarem al menú **Create / Compound / Boolean** o al panell **Create / Geometry / Compound objects.**



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

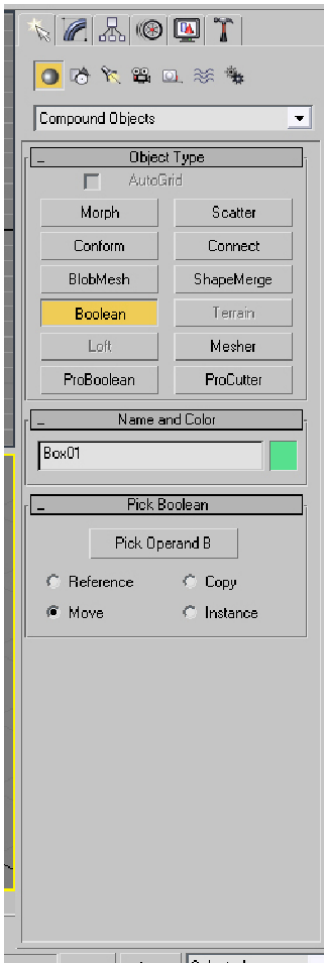
Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 5 de 12

05 Primera operació booleana: unió

En escollir l'objecte **Boolean** apareixeran noves opcions relacionades al panell dret. Vegem quines hi ha abans del primer ús.

El panell **Pick Boolean** ens serveix per identificar el segon objecte que unirem, restarem o intersecarem amb el primer, mitjançant el botó **Pick operand B**. Tenim també opcions sobre què fer amb aquest *operador B*: trobarem les tres opcions habituals de còpia (**Copy**, **Reference** i **Instance**), per conservar un duplicat de l'operador i l'opció **Move** (per defecte) si no volem cap còpia.

És possible que no veiem la resta de panells sencers, en quedar part d'ells per sota de la vora inferior del panell general **Create**. Per poder veure la resta, tenim dues opcions. La primera consisteix en moure el punter del ratolí a algun espai buit del panell, i quan el cursor es converteixi en una mà (semblant a la de **Pan**) fem clic i arrosseguem verticalment, de manera que puguem veure la part amagada. La segona opció és situar el punter sobre la separació entre el panell i els visors, amb el que ens apareixerà un nou cursor en forma de dues fletxes oposades unides. Fem clic i arrosseguem cap a l'esquerra per ampliar l'espai del panell: la part inferior es mostrarà a la dreta.



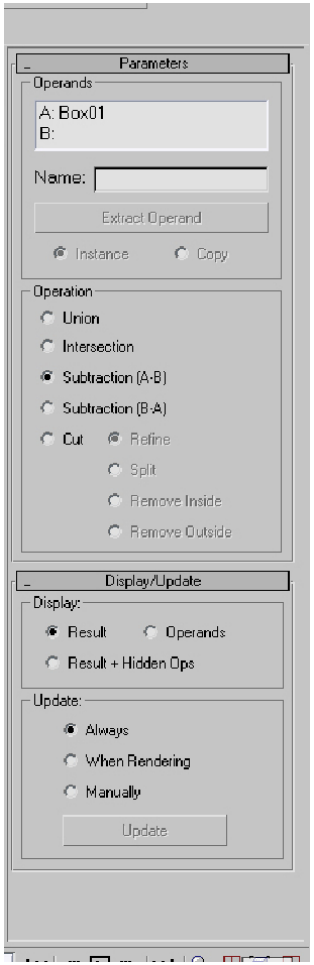
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 5 de 12

Al panell **Parameters** ens trobem amb dos sub-panells: **Operands** i **Operation**.

A **Operands** veiem una llista dels operadors, és a dir, els objectes sobre els quals estem treballant. De moment només es mostrarà l'operador A, quan escollim l'operador B aquest també es mostrarà a la llista. Veiem que en seleccionar un dels dos operadors, s'activa l'opció **Extract operands**. Aquesta opció ens permet fer una còpia de l'operador en qüestió, deixant aquesta còpia fora de l'operació Booleana (aquesta opció és especialment convenient quan ens n'adonem que necessitem una còpia de l'objecte i no volem desfer l'operació). Disposem de les opcions de còpia **Instance** i **Copy**.

En el sub-panell **Operation** podem triar quin tipus d'operació booleana realitzarem amb els operadors seleccionats: **Union**, **Intersection**, **Subtraction** i **Cut** (semblant a **Subtraction**, però només ens deixa el resultat de l'operador tallat, no del tallant).



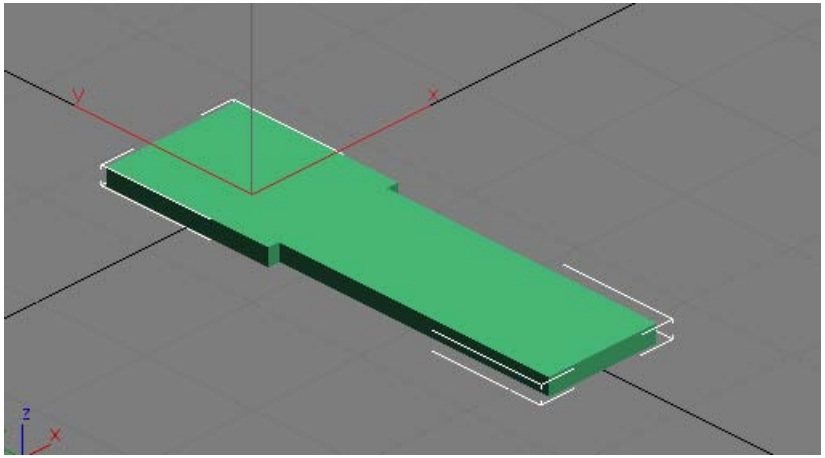
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 5 de 12

Finalment, trobem el panell **Display Update**, on trobem les opcions de visualització i actualització de l'operació booleana.

Procedirem ara a fer servir aquesta eina per primera vegada.

Al panell **Parameters** de l'operació booleana, marquem l'opció **Union**. Seguidament, seleccionem l'altra caixa mitjançant l'opció **Pick operand B** a **Pick Boolean**. Com a resultat, veurem que en el visor *Perspective* o *User*, les dues caixes es mostren com un sol objecte, d'un mateix color.



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

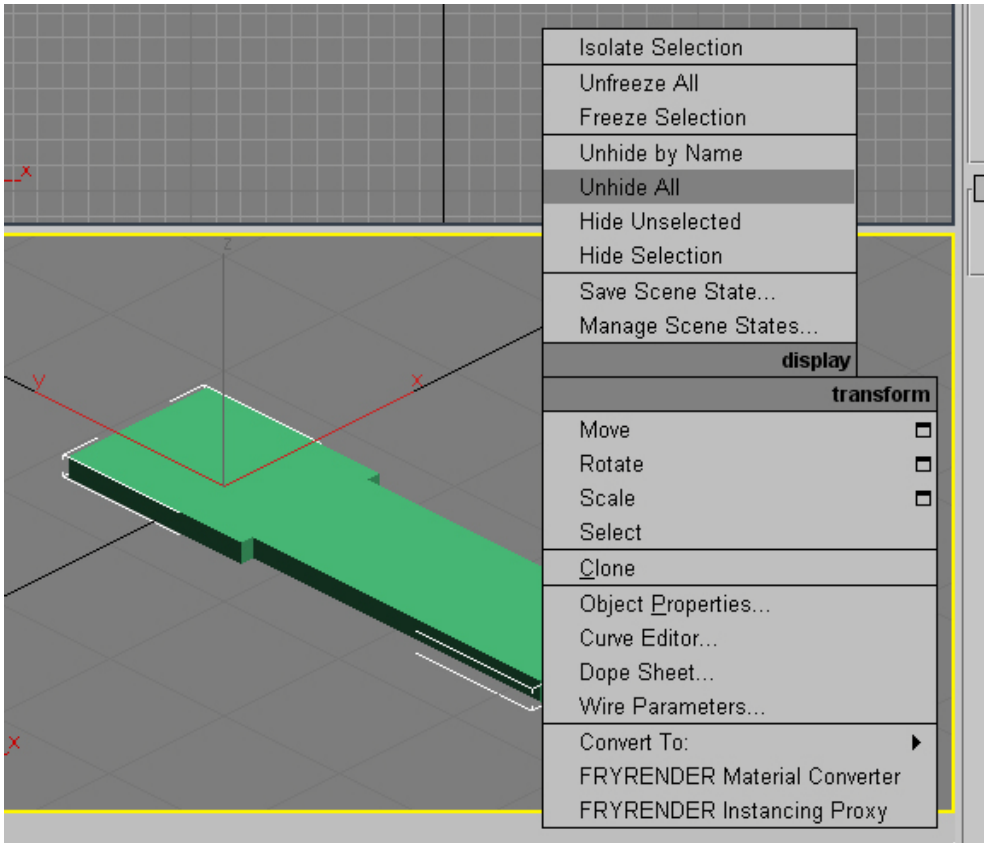
Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 6 de 12

06 Continuació de la clau

Ara la peça resultant de la unió de les dues caixes actua sempre com un sol objecte.

Així, podrem moure la nova peça per fer-la encaixar amb el cilindre, que abans haurem de tornar a mostrar (clic dret sobre el visor, **Unhide All** al menú **Quad**).

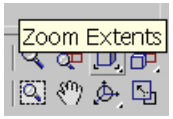
Ara podríem canviar també el nom i color del nou objecte, encara que no ens interessa fer-ho de moment.



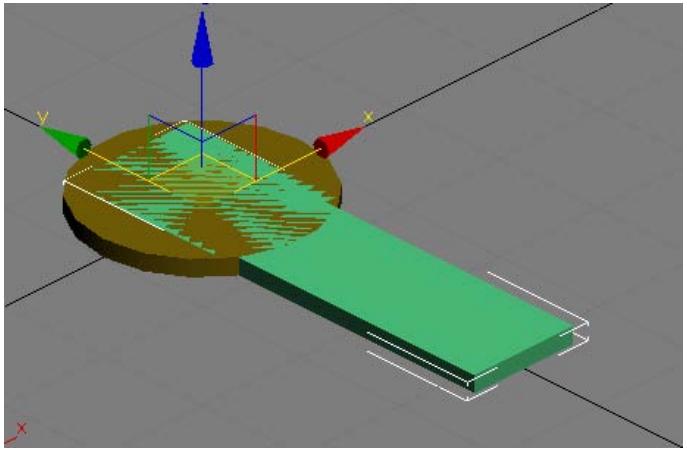
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 6 de 12

Per continuar, és important que tots els elements del dibuix estiguin enquadrats en el visor. Si no és el cas, podem usar l'eina **Zoom Extents**, que ens permet allunyar o apropar la vista, a més de centrar-la, per què tots els elements de l'escena quedin automàticament dins dels límits del visor actiu. **Zoom Extents All** realitza aquesta acció sobre tots els visors. Una altra opció és modificar la vista manualment, acostant o allunyant la càmera amb la roda del ratolí i movent l'escena en fer clic amb la roda i mantenint-la pressionada mentre arrosseguem el ratolí.



Seleccionem les caixes i fem clic esquerre sobre **Select and Move**. Veurem, en el visor *Perspective* o *User*, que apareixen tres fletxes de colors centrades en l'objecte. Aquestes tres fletxes, que parteixen del mateix punt, formen el Gizmo de moviment.

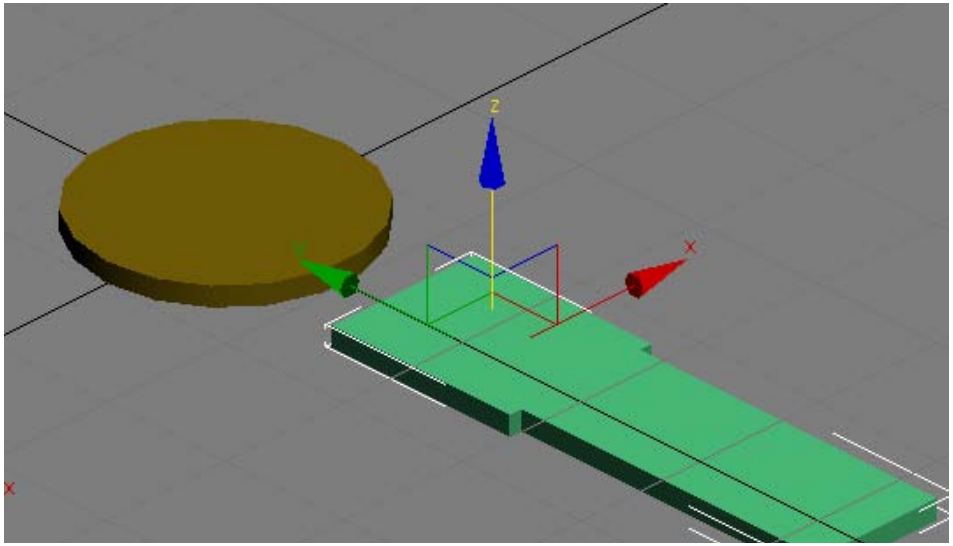


Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 6 de 12

El Gizmo ens permetrà moure l'objecte seleccionat sobre un sol eix, o sobre dos eixos, controlant així el seu desplaçament. Provem, per exemple, a desplaçar les caixes només sobre l'eix vertical. Per fer-ho, situem el ratolí a sobre de la fletxa blava, fins que es torni parcialment groga.

Ara, fem clic esquerre i, sense deixar anar el botó, arrosseguem el ratolí pel dibuix, en tots sentits. Veiem que el moviment de les caixes es limita a l'eix vertical, la qual cosa podem comprovar en els altres tres visors. Podem fer el mateix amb les altres dues fletxes.

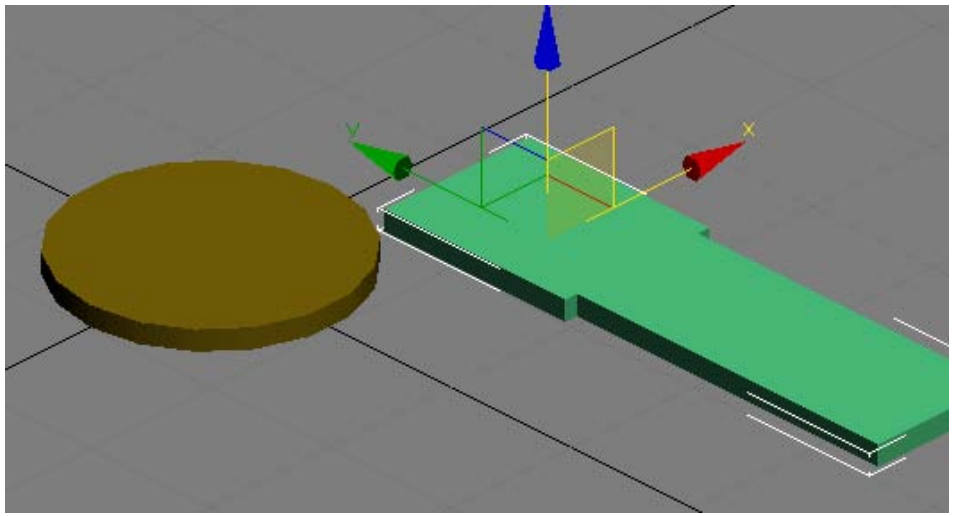


Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 6 de 12

Per moure l'objecte sobre un pla concret, farem servir els rectangles que hi ha entre les fletxes. De forma semblant a com funcionen les fletxes, en situar el punter del ratolí a sobre d'un d'aquests rectangles, aquest apareix activat, en groc. Fem clic sobre un dels tres plans, i sense deixar anar, arrosseguem el ratolí.

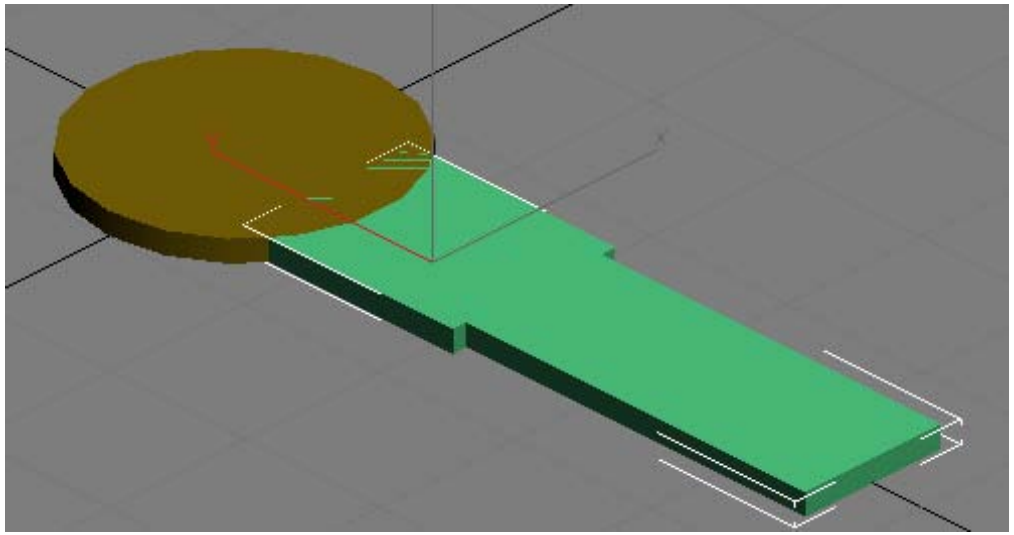
Ara podem veure que la peça es desplaça sobre un pla, és a dir, sobre dos eixos, sense que es produeixi cap moviment sobre el tercer eix.



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 6 de 12

A diferència dels mètodes de desplaçament que hem estudiat fins ara, aquest es caracteritza per ser menys exacte pel que fa a mesures, encara que això resulta interessant quan no sabem exactament quines són les mides, o quan anem dibuixant i ajustant les dimensions sobre la marxa .



El següent pas serà moure les caixes perquè se solapin amb el cilindre. Si no ho fan ja, alineem caixes i cilindre sobre els eixos **X** i **Z** del visor *Perspective* o *User* amb l'eina **Align**.

Ara procedim a desplaçar les caixes sobre l'eix **Y** mitjançant el Gizmo de moviment, de manera que quedin parcialment solapades amb el cilindre, tal com es pot veure a la imatge.

L'estudiant realitzarà aquest moviment de forma aproximada, a criteri seu.

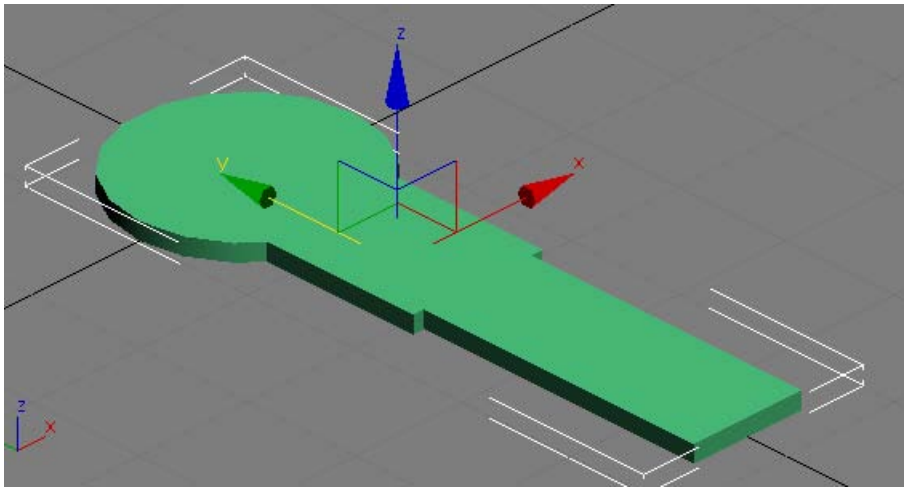
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 7 de 12

07 Addició de detalls a la clau (I)

Ara unirem el cilindre amb les caixes mitjançant una altra operació booleana. Seleccionem el cilindre o les caixes i els apliquem l'objecte **Boolean**. Repetim el procés anterior.

Quan haguem unit el cilindre i les caixes, ja podem canviar el nom del nou objecte a *Llave*.

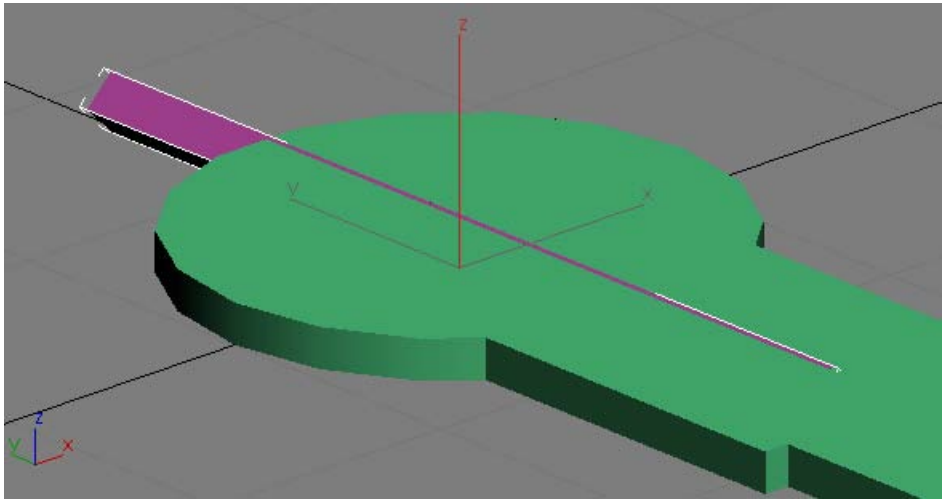


Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 7 de 12

A continuació, crearem solcs longitudinals sobre la clau. Farem servir operacions booleanes de sostracció. Creem primer una caixa de dimensions *35 x 1,5 x 1,5*. Un cop creada, la girem *45º* sobre l'eix **Y** (recordem fer-ho sobre l'eix **Y** global, no el local de cada visor).

El resultat es pot veure a la següent imatge.



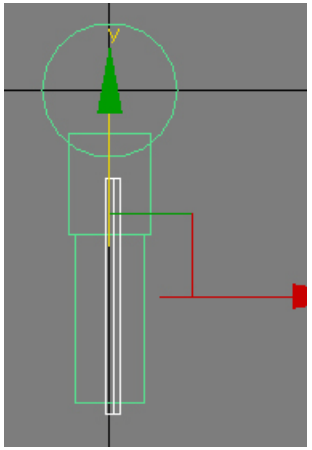
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 7 de 12

El següent pas serà situar aquesta caixa sobre la clau. El punt de pivot de la caixa ha d'estar a l'alçada de la cara superior de la clau, perquè en restar la caixa a la clau a aquesta li quedi un solc en forma de V.

Fem servir l'eina **Align** per col·locar-la en aquesta posició.

Ara, a la vista superior, movem la caixa de manera que part d'ella sobresurti per la part estreta de la clau, és a dir, en l'eix **Y**.



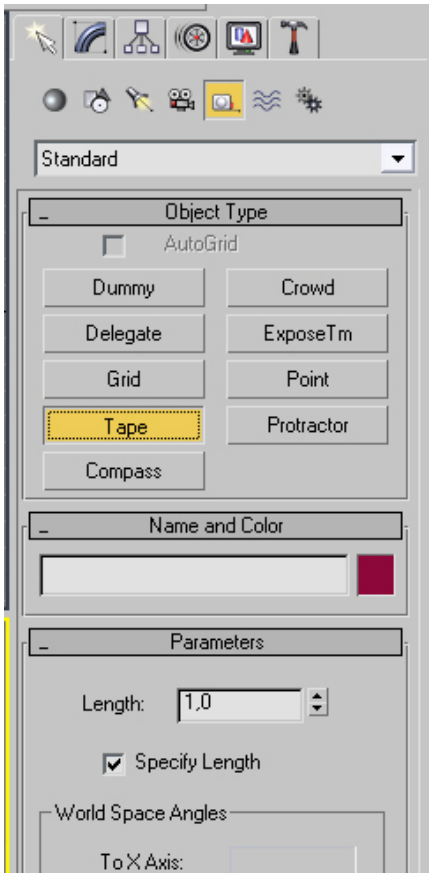
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 7 de 12

Finalment, situarem la clau sobre l'eix **X** de manera que quedi a una distància d'almenys *1* unitat de l'extrem de la clau, per motius d'encaix de les peces que es veuran més endavant. Per assegurar-nos que no estigui a menys distància de la requerida, farem servir un nou tipus d'objecte: la cinta mètrica (**Tape**). La trobarem en el panell **Create / Helpers / Tape** o mitjançant el menú **Create**.

La cinta mètrica ens permet mesurar la distància entre dos punts o situar un punt a una distància determinada d'un altre punt existent. Utilitzarem aquesta segona opció. Per a això, hem d'activar l'opció **Specify Length** en el panell **Parameters**. Introduïm *1* a la casella **Length**.

Seguidament, hem de marcar en quina direcció se situarà la cinta mètrica. Per fer-ho, activem els Ajustos (cal que estiguin en 3D) i fem clic en el primer vèrtex de la clau. Sense deixar anar el botó, arrosseguem el ratolí fins a l'altre costat i tornem a fer clic. Tot i que la distància recorreguda serà molt més gran que 1mm, la cinta mètrica mesurarà *1mm* de distància des del primer punt marcat.



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

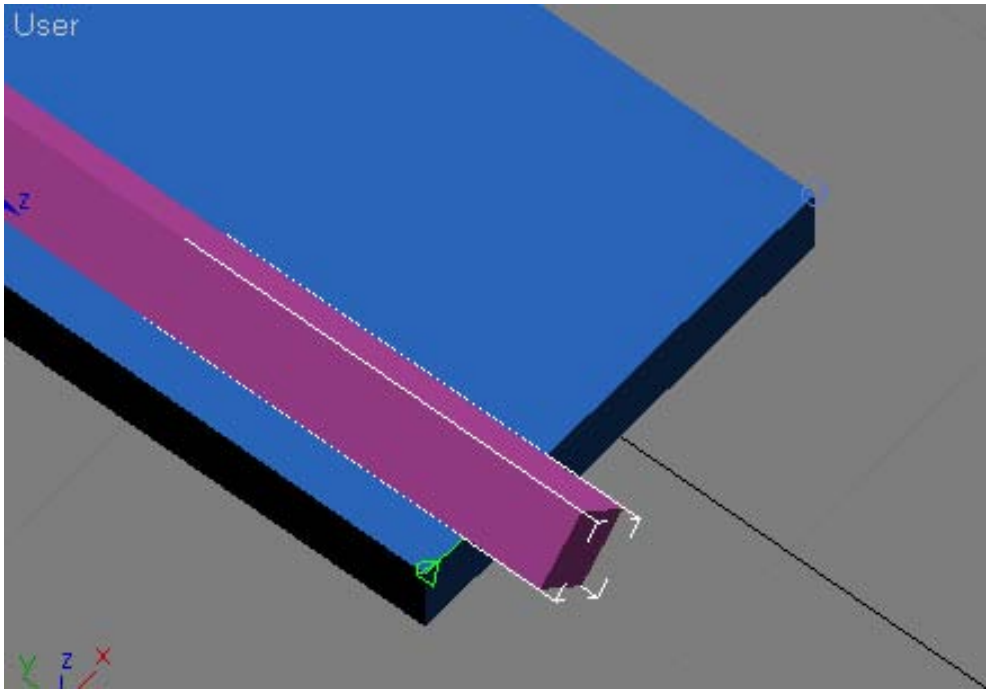
Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 7 de 12

La cinta mètrica haurà dibuixat una línia verda d'*1* unitat de longitud, amb una piràmide també verda al punt inicial.

Ara podem moure la caixa sobre l'eix **X** fins que la seva aresta coincideixi aproximadament amb el punt final de l'objecte **Tape**. El visor *Front* és idoni per a aquest moviment. Pot ser convenient canviar el color de la clau si, com a les imatges, el seu color original és verd.

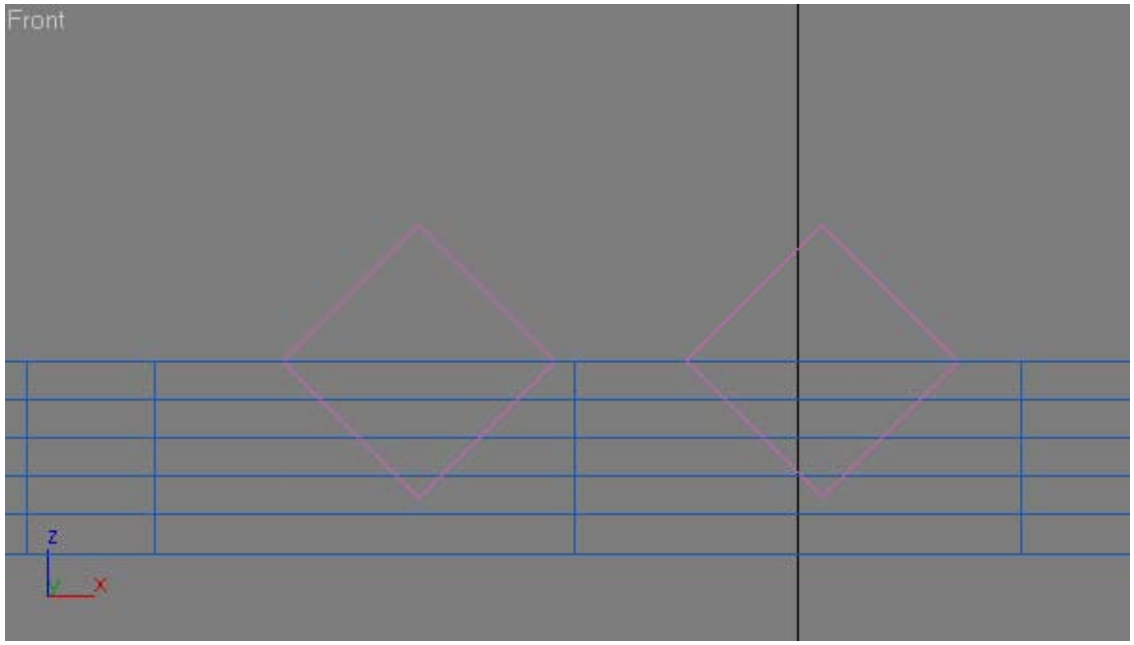
Així evitem que el seu color es confongui amb el de l'objecte **Tape**, al qual no se li pot canviar.

Quan haguem acabat de moure la caixa, podem seleccionar l'objecte **Tape** i esborrar-lo (amb la tecla **Supr** del teclat o mitjançant **Edit / Delete**).



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 7 de 12



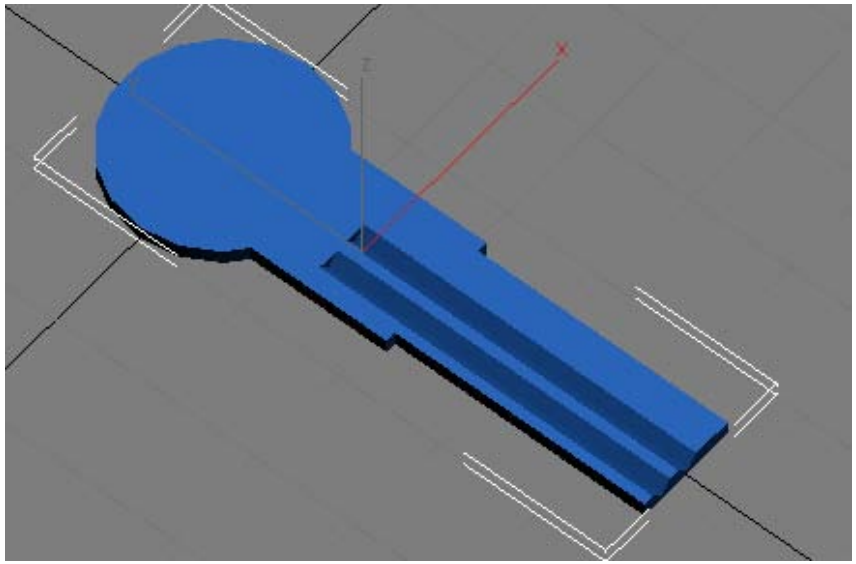
Seguidament, fem una còpia de la caixa (**Ctrl + V**) i la movem sobre l'eix **X** de manera que quedi a una distància d'aproximadament *1mm* de la primera (podem comparar-la amb la mesura anterior d'*1mm* per fer-nos-en una idea).

Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 8 de 12

08 Addició de detalls a la clau (II)

Ara procedirem a sostreure aquestes dues caixes de la clau. Seleccionem la clau i a continuació creem un nou objecte **Boolean**. A les opcions d'**Operation**, marquem **Subtraction (A-B)**. Seguidament, premem sobre **Pick operand B** i seleccionem una de les dues caixes. Desseleccionem l'objecte resultant fent clic sobre una part lliure dels visors, i el tornem a seleccionar, perquè s'apliqui l'operació booleana. Repetim el procés anterior, amb un nou **Boolean**, per restar la segona caixa a la clau.



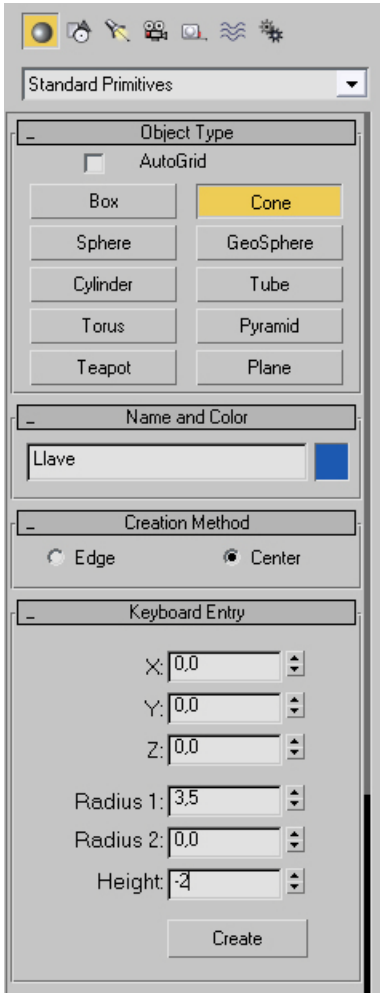
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 8 de 12

Hem comprovat que els resultats d'operacions booleanes poden usar-se com a operadors de noves operacions. No obstant això, hi ha una eina molt semblant a l'eina **Boolean** però amb certes millores: l'eina **ProBoolean**.

Ara que ja coneixem el funcionament de **Boolean**, podem aprendre a usar **ProBoolean** per treballar de manera més eficient. Ho veurem en el proper pas.

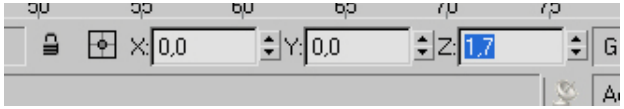
Ens falta afegir forats a la clau: fem-ho restant-li uns cons invertits. Crearem el primer d'aquests cons mitjançant **Keyboard Entry**. Podem veure les seves dimensions a la imatge.



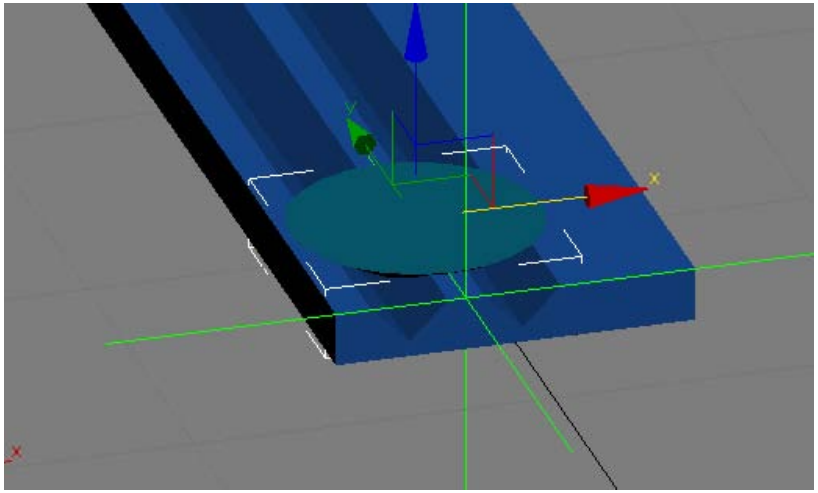
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 8 de 12

Mourem el con a una alçada d'*1,7*. El podem moure fent clic dret sobre **Select and Move** per accedir al **Move Transform Type-in** (modificant el valor **Z** de la columna esquerra) o directament a la **Presentació de coordenades**, a la part inferior de la finestra del programa.



Ara centrarem el con en el punt mig entre els dos solcs. Per fer-ho, crearem un objecte **Point**, que trobarem a la categoria **Helpers**, on també es troba l'objecte **Tape**. Això ens permet inserir un punt en algun lloc del dibuix. Activem els Ajustos i creem l'objecte **Point** en el punt mig de l'aresta que queda entre els dos solcs. Així, podrem alinear el con sobre l'eix **X** amb el punt.



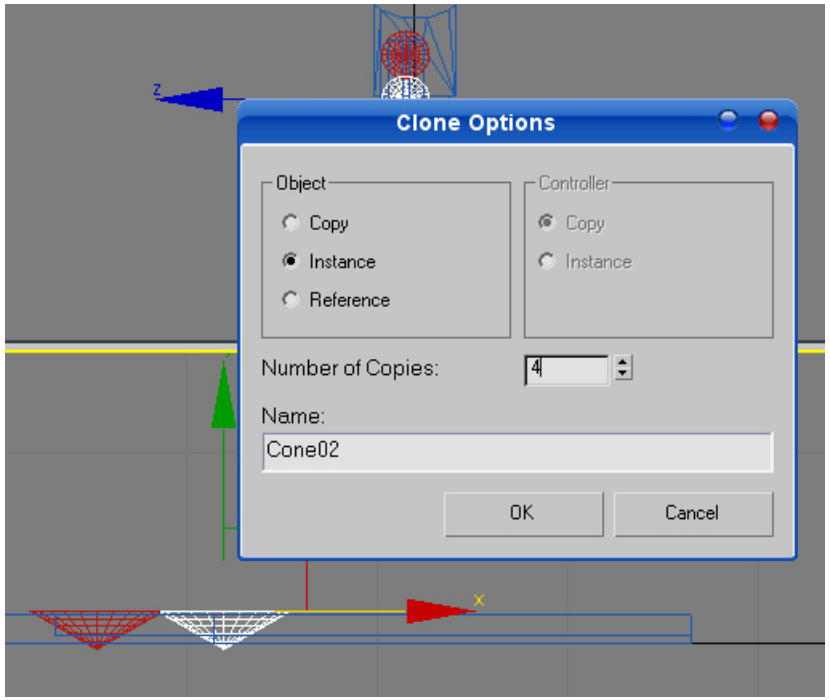
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 8 de 12

Un cop alineat, podem esborrar el punt. Movem ara el con sobre l'eix **Y** per situar-lo de manera que sobrepassi la part superior dels solcs, al visor *Left*.

Seguidament, desplacem el con mitjançant el Gizmo de moviment. Mantenim premuda la tecla **Shift** i arrosseguem el con sobre l'eix Y de manera que se solapi molt lleugerament amb la seva posició anterior.

En haver mantingut premuda la tecla **Shift**, el con es copiarà tantes vegades com li diguem, amb cada nou con a la mateixa distància que l'anterior, mitjançant el quadre de diàleg **Clone Options** que apareixerà en deixar anar el ratolí. Mantenim **Instance** com a opció de còpia i introduïm *4* a **Number of Copies** (no es compta la còpia inicial, obtindrem 5 cons en total).

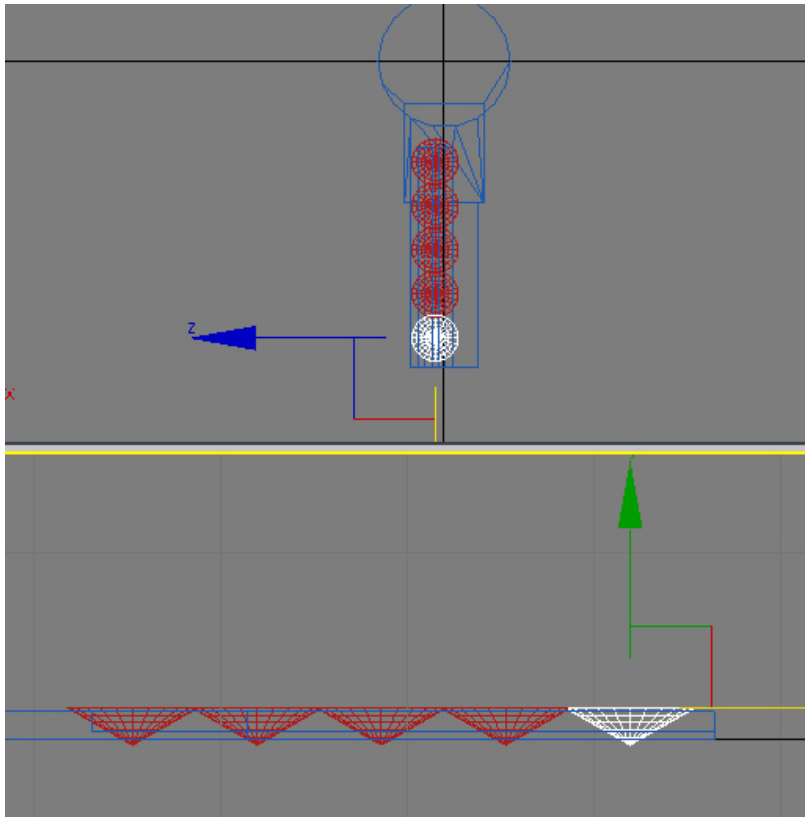


Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 8 de 12

Hem vist que mantenint premuda la tecla **Shift** mentre movem un objecte amb el Gizmo, podem crear-ne diverses còpies distanciades de manera uniforme. Aquest procediment també funciona amb els Gizmos de Rotació i Escalat.

El resultat hauria de quedar aproximadament així:

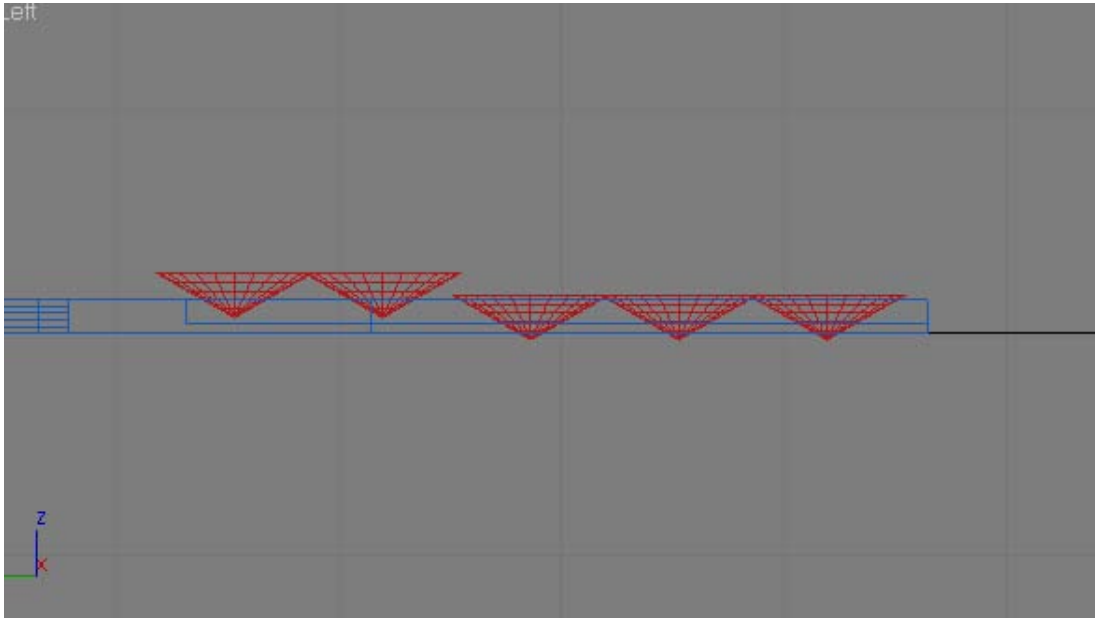


Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 9 de 12

09 Addició de detalls a la clau (III)

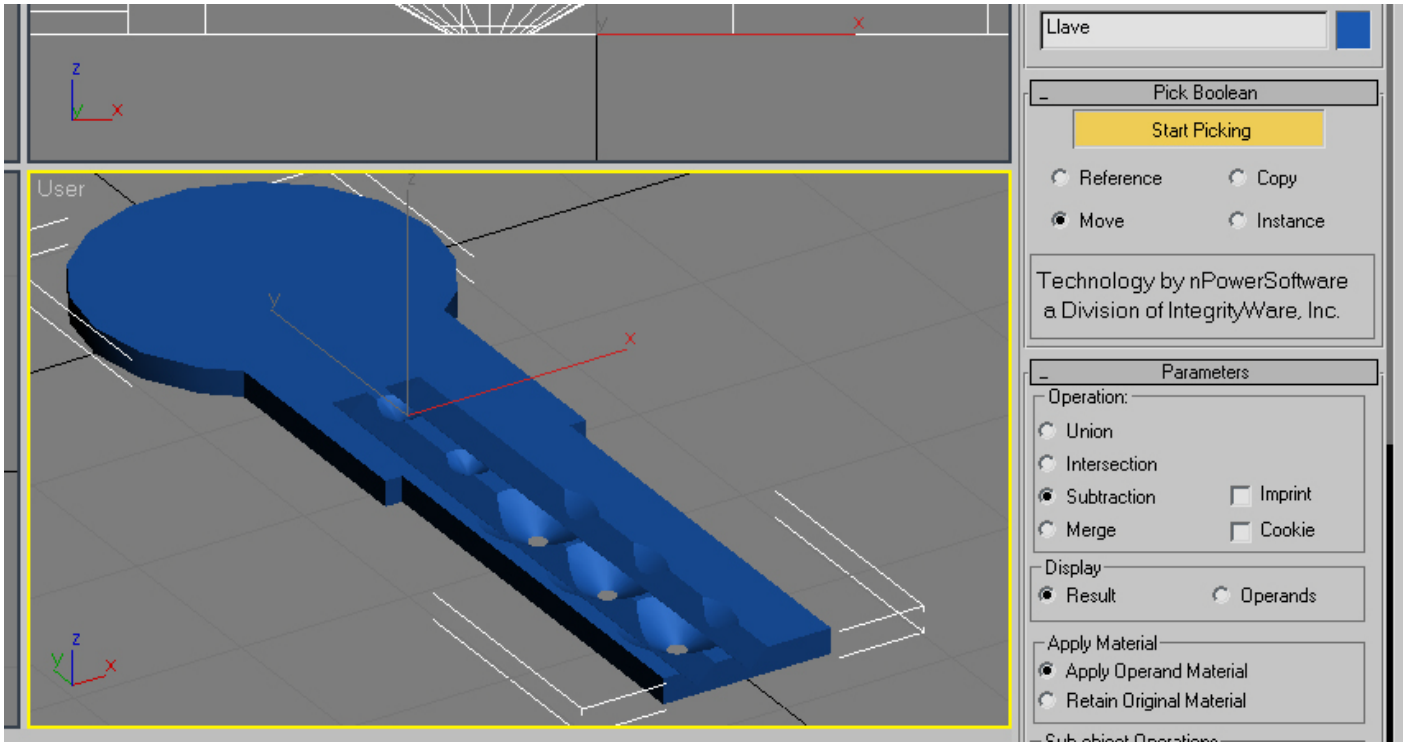
Com que no tots els forats tindran la mateixa profunditat, podem seleccionar dos o tres dels cons que són més a prop de la part circular de la clau i pujar-los una unitat sobre l'eix **Z**.



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 9 de 12

Ara seleccionem la clau i li apliquem un objecte **ProBoolean** (el procediment és el mateix que per **Boolean**). Els paràmetres de funcionament són molt semblants als de **Boolean**, així que no cal explicar-los. Seleccionem **Subtraction** (no existeixen les opcions **A-B** i **B-A**: amb **ProBoolean** el primer objecte seleccionat sempre és al que se li resten els seleccionats després). Ara premem sobre **Start Picking**, i anem seleccionant els cons fent clic sobre ells, preferentment per ordre.

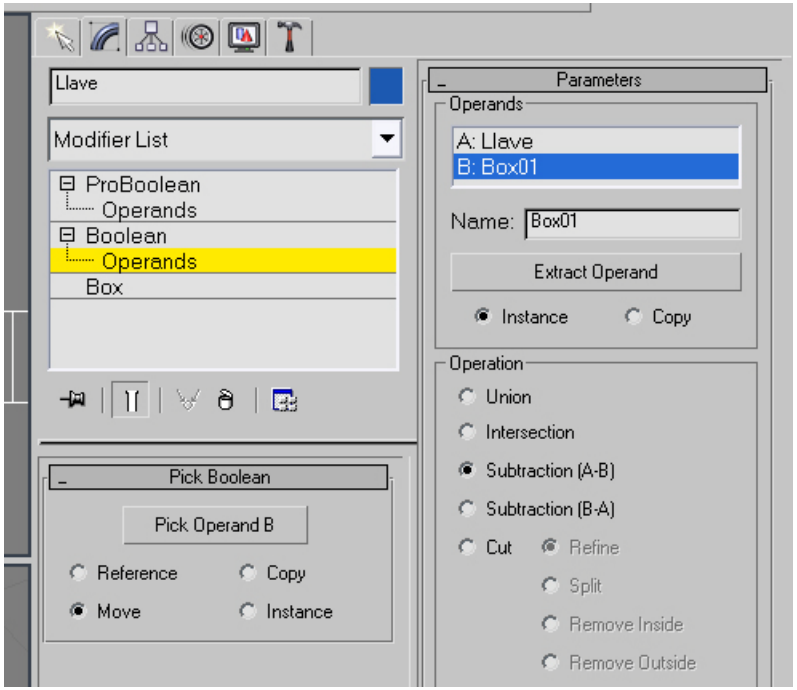


Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 9 de 12

Els cons seleccionats es resten automàticament de la clau i podem seguir-ne seleccionant altres, sense haver de repetir l'operació booleana. En aquest cas, l'ús de **ProBoolean** ens ha facilitat molt la tasca.

Suposem que volem canviar el radi de la base dels cons, per exemple fer-los lleugerament més grans perquè els forats siguin de més dimensió. Per fer-ho, seleccionem la clau i accedim al panell **Modify**. Busquem l'objecte **ProBoolean**, i fem clic sobre el símbol **+** que hi ha a l'esquerra del nom. Si fem clic sobre **Operands**, que acaba d'aparèixer, podrem veure tota la llista d'operadors a la part inferior del panell **Parameters**. És possible que haguem de desplaçar el panell o ampliar-lo per veure aquesta part inferior (com ja havíem fet abans). Podem seleccionar llavors l'operador que vulguem modificar, i ens apareixeran les seves opcions de modificació. En cas de tenir altres operacions booleanes actuant com a operadors, en seleccionar-les ens apareixerà **Boolean** sota **ProBoolean** a la llista principal d'objectes a modificar, de manera que també podrem editar els operadors, i així successivament.

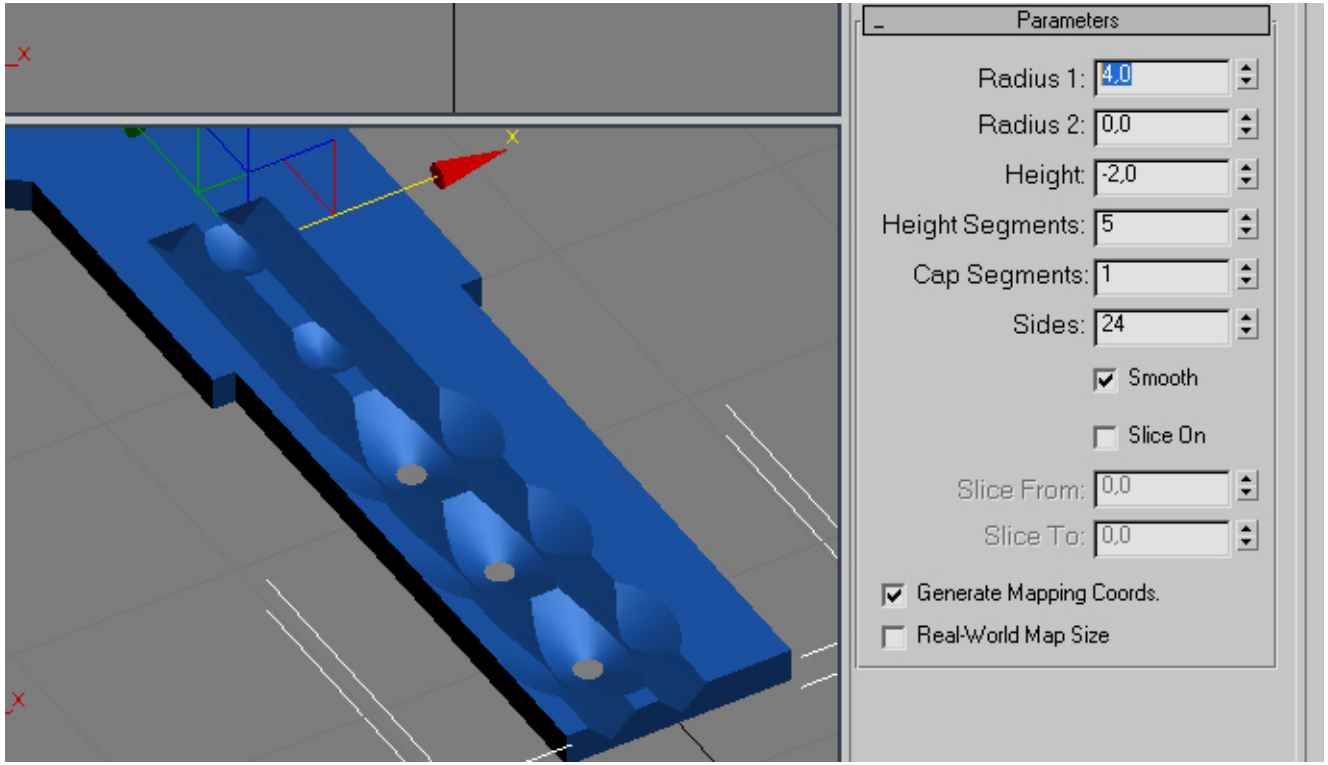


En la imatge s'ha anat baixant en l'estructura jeràrquica de les operacions booleanes fins a tornar a una de les caixes rotades que havíem fet servir per fer els solcs de la clau. Fins i tot podríem tornar a les dues primeres caixes del principi de l'exercici.

Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 9 de 12

Ara seleccionarem qualsevol dels cons dins d'aquesta estructura jeràrquica (són instàncies, podem modificar-ne un i la resta el copiarà) i provem valors diferents de radi per comprovar el funcionament de les instàncies i l'actualització de l'operació booleana. L'estudiant pot tornar a les mesures inicials o escollir-ne altres.

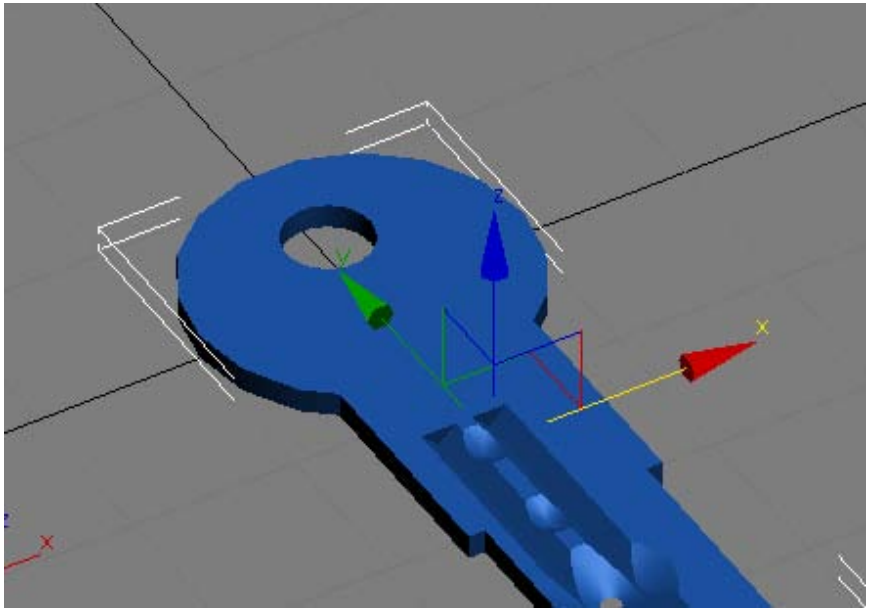


Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 10 de 12

10 Finalització de la clau (I)

Seguidament, hem de dibuixar ara un forat cilíndric a la part superior de la clau, per on s'uniria a un clauer. Dibuixem un cilindre petit, amb les dimensions que vulguem (excepte la dimensió **Z**, que ha de ser igual o major de *1,5* per poder travessar la clau) i el situem centrat en els eixos **X** i **Z**. El movem a la part superior del cilindre de la clau. Per restar de la clau, no cal fer servir un altre **ProBoolean**: a través del panell **Modify** podem afegir el cilindre als operadors mitjançant **Start Picking**.



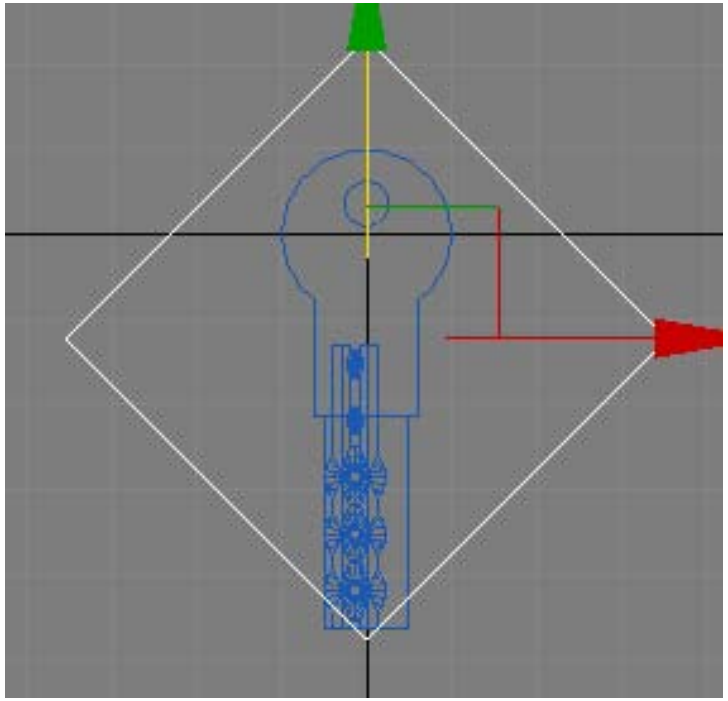
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 10 de 12

El següent pas consistirà en aixamfranar la punta de la clau. Per a això, creem una caixa de dimensions *50x50x10* i la centrem en la clau sobre els 3 eixos. La girem *45º* sobre l'eix **Z**. Seguidament, la movem mitjançant el Gizmo sobre l'eix **Y** fins que només sobresurtin les dues puntes inferiors de la clau (vegi's la imatge).

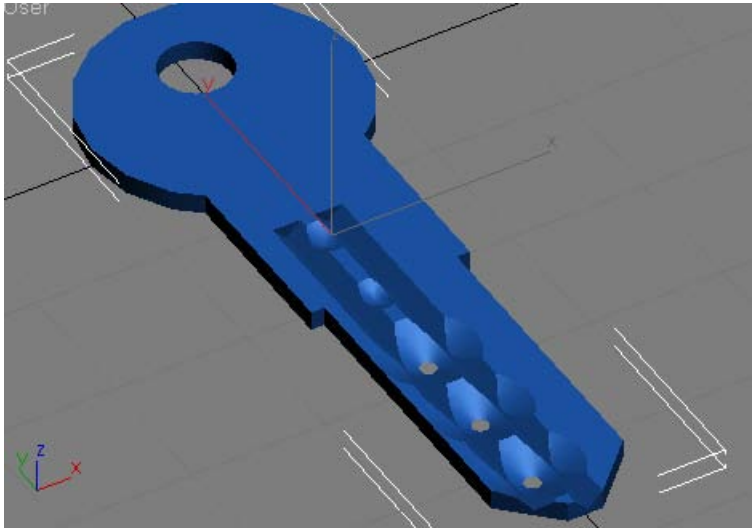
Seleccionem la clau un altre cop i al panell **Modify** fem clic sobre **ProBoolean**. Canviem l'opció de **Subtraction** a **Intersection** (aquest canvi no afectarà les operacions anteriors) i premem sobre **Start Picking**.

Seguidament, fem clic sobre la caixa.



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 10 de 12



L'operació **Intersection** manté aquelles zones compartides per ambdós objectes i elimina aquelles en què només n'hi ha un. En aquest cas, només ha desaparegut la part de la clau que estava fora de la caixa. La resta s'ha mantingut, ja que la caixa era prou gran com per abastar la resta de la clau.

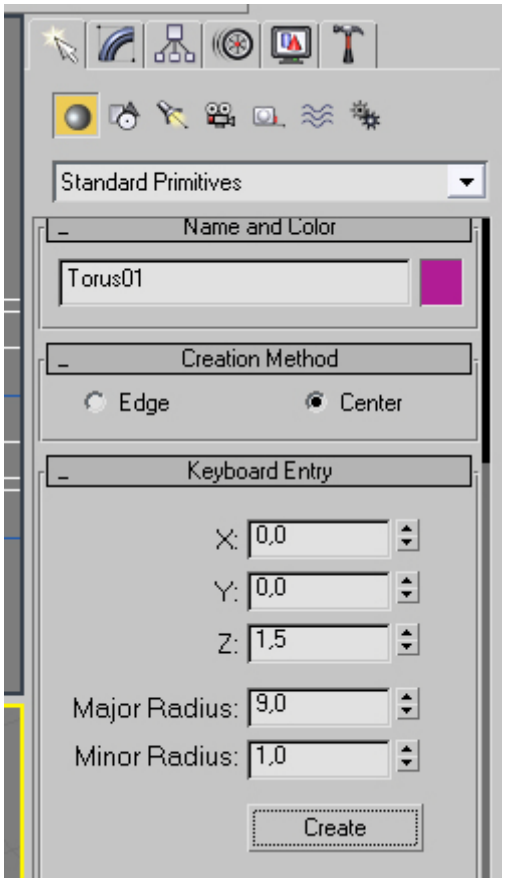
Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 11 de 12

11 Finalització de la clau (II)

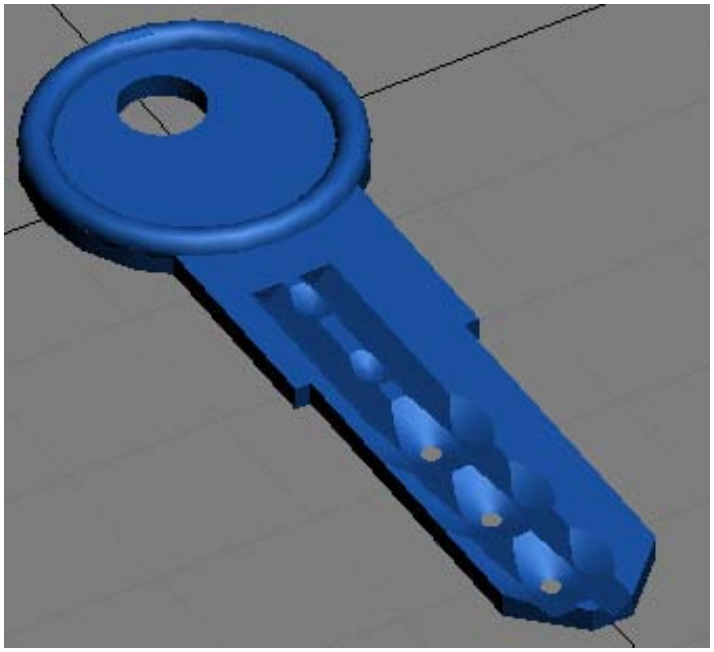
Podem afegir alguns detalls més a la clau. Per exemple, podem marcar el cercle superior unint un tor a la clau. Un tor (en anglès, *Torus*) és una primitiva bàsica que es correspon amb la forma d'un donut. Trobarem l'objecte **Torus** a **Standard Primitives**.

El **Torus** es defineix numèricament mitjançant dos radis: el major i el menor. El radi major és el radi del cercle que determina el camí que recorrerà l'altre cercle. El radi menor és el diàmetre d'aquest altre cercle. Vegem-ne un exemple: creem un tor mitjançant **Keyboard entry**.



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 11 de 12



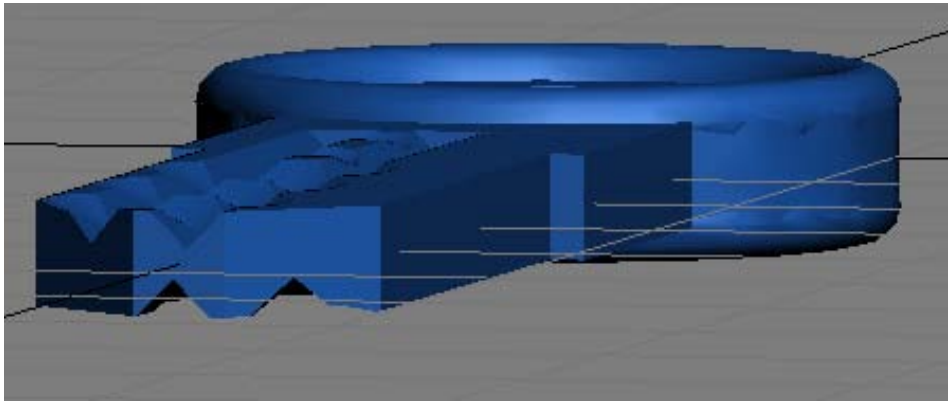
Després, accedim a les opcions de l'objecte **ProBoolean** de la clau i unim el tor a la resta de l'objecte.

Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 12 de 12

12 Finalització de la clau (III)

Ara podem crear una instància de la clau, per completar-la de manera simètrica. Rotem aquesta nova còpia *180º* sobre l'eix **Y** global, i la fem encaixar en la part inferior de la clau original. Si haguéssim fet una simetria sobre el pla *XY*, les ranures de la clau s'haguessin repetit en la part inferior en la mateixa posició que en la superior. Perquè això no passi i els forats quedin intercalats, cal fer-ne una còpia i girar-la.



Programa d'aprenentatge 2. Modelant amb operacions booleanes.

Desenvolupament del Programa d'aprenentatge : pas 12 de 12

Finalment, agruparem les dues meitats. Un grup és un objecte dins del qual hi ha més objectes, amb l'avantatge que es poden moure, rotar, escalar, etc. com un sol objecte. No obstant això, i a diferència de les operacions booleanes, els subobjectes del grup segueixen sent independents i poden modificar-se per separat si és necessari. Seleccionem les dues unitats i anem al menú **Group / Group**. Al quadre de diàleg que apareix, podem canviar el nom del grup. Seguidament, acceptem perquè es creï el grup. L'avantatge de fer un grup en comptes d'un **Boolean** en aquest cas és que ara podem modificar una de les dues meitats i l'altra, en tractar-se d'una instància de la primera, es modificarà de la mateixa forma. De fet, el programa no ens deixaria unir mitjançant una operació booleana les dues meitats, en ser una d'elles instància de l'altra.

Ja hem finalitzat la clau. Ara l'estudiant pot repassar conceptes afegint-li (o restant-li / intersecant-li) detalls. També seria recomanable provar de modificar les dimensions i els paràmetres dels subobjectes que componen la clau, per habituar-se a l'estructura jeràrquica dels objectes booleans en el panell **Modify**. Per editar els objectes que es troben dins del grup, és necessari seleccionar-lo i anar a **Group / Open**, de manera que apareixerà emmarcat per unes línies de color rosa. Podrem treballar de manera normal amb els objectes de dins del grup. Per tancar-lo, seleccionem algun dels seus objectes niats i anem a **Group / Close**.