

In this Thesis we have investigated some effects appearing in top quark and Higgs boson decays with flavor changing neutral currents (FCNC) in the framework of generic Two Higgs Doublet Models (2HDM) and the Minimal Supersymmetric Standard Model (MSSM).

The Standard Model (SM) of Particle Physics interactions has had great success in describing the strong, weak and electromagnetic interactions. However, the mechanism by which all the SM particles get their masses is still unconfirmed, since no Higgs scalar has been found yet. In some FCNC processes, that are very suppressed in the SM (specially the ones we are going to deal with in this Ph.D. Thesis), the sole observation would be instant evidence of new physics and could greatly help to unravel the type of underlying Higgs model.

We have focused our work on two models: the generic 2HDM and the MSSM. The 2HDM is like the SM with an extra Higgs doublet, so it has more Higgs bosons and in particular some charged. The MSSM is an extension of the SM that incorporates Supersymmetry (SUSY). The main phenomenological consequence is that for any SM particle ( $p$ ) there should exist a partner for it, which we call *sparticle* ( $\tilde{p}$ ) with different spin but with the same gauge quantum numbers. This extension of the SM provides elegant solutions to some theoretical problems of the SM, such as the *hierarchy problem*.

We have applied these two extensions to the SM to see whether they can produce new FCNC effects. We also studied the experimental signatures that would allow discover of the nature of these Higgs bosons in the LHC. In this study we have applied the severe restrictions from observed low-energy FCNC processes like  $b \rightarrow s\gamma$ .

Decays of the top quark and Higgs boson induced by FCNC are known to be extremely rare events within the SM. We have found that in the 2HDM the decays of the top quark to Higgs bosons,  $t \rightarrow (h^0, H^0, A^0)c$ , can be the most favored FCNC modes, with rates reaching the detectable level ( $10^{-5}$ , for  $h^0$  or  $H^0$ , but not both), and a maximum of order  $10^{-4}$ . The most favorable mode for production of a Higgs boson and subsequent FCNC decay is the lightest CP-even state ( $h^0$ ), followed by the other CP-even state ( $H^0$ ), whereas the CP-odd ( $A^0$ ) mode can never be sufficiently enhanced. Our calculation shows that the branching ratios of the CP-even states may reach  $10^{-5}$ , and that several hundreds of events could be collected in the highest luminosity runs of the LHC.

Furthermore, we analyzed the maximum branching ratios for the FCNC decays of the neutral Higgs bosons of the MSSM into bottom quarks,  $h \rightarrow b\bar{s}$  ( $h = h^0, H^0, A^0$ ), giving the maxima in the  $B(h \rightarrow b\bar{s}) \sim 10^{-4} - 10^{-3}$  range. Only the strongly-interacting FCNC sector has been computed because it is expected to be the most important. These calculations show that the FCNC modes  $h \rightarrow b\bar{s}$  can be competitive with other Higgs boson signatures and could play a helpful complementary role in identifying the supersymmetric Higgs bosons. We have also analyzed the production and subsequent FCNC decay of the neutral MSSM Higgs bosons to  $tc$  and  $bs$  in the LHC collider,  $pp \rightarrow h \rightarrow t\bar{c}, b\bar{s}$  and  $h \rightarrow t\bar{c}, b\bar{s}$  ( $h = h^0, H^0, A^0$ ). The production rates for the  $bs$  channel can be huge for a FCNC process ( $0.1 - 1$  pb), but its detection can be problematic. The production rates for the  $tc$  channel are more modest ( $10^{-3} - 10^{-2}$  pb), but its detection should be easier. A few thousand  $tc$  events could be collected in the highest luminosity phase of the LHC, with no counterpart in the SM.

Our general conclusion is that the physics of the processes with flavor changing neutral currents can be very important in seeing the physics beyond the Standard Model and to disentangle the nature of the most adequate model. Experiments at the LHC can be crucial to unravel signs of FCNC physics beyond the SM.

En aquesta Tesi hem investigat diferents efectes que apareixen ens els decaïments del quark top i els bosons de Higgs amb canvi de sabor per corrents neutres (Flavour changing neutral currents, FCNC) en el marc d'un model genèric de Dos Doblets de Higgs (Two Higgs Doublet Models, 2HDM) i el model estàndard supersimètric mínim (Minimal Supersymmetric Standard Model, MSSM).

El Modelo Standard (Standard Model, SM) d'interaccions en física de partícules ha tingut un gran èxit descrivint les interaccions fortes, dèbils i electromagnètiques. Tot i així, el mecanisme pel qual totes les partícules del SM obtenen la seva massa encara està sense confirmar, ja que cap escalar de Higgs ha sigut trobat encara. En alguns processos FCNC, que estan molt suprimits en el SM (especialment els que anem a tractar en aquesta Tesi), la simple observació seria una evidència instantània de nova física i podria ajudar molt a determinar la classe de model de Higgs subjacent.

Hem focalitzat el nostre treball en dos models: el 2HDM genèric i el MSSM. El 2HDM es com el SM amb un doblet de Higgs extra, per tant té més bosons de Higgs i alguns de carregats en particular. El MSSM es una extensió del SM que incorpora la Supersimetria (Supersymmetry, SUSY). La conseqüència fenomenològica principal es que per cada partícula del SM ( $p$ ) ha d'existir la seva parella, que anomenem *spartícula* ( $\tilde{p}$ ) amb diferent spin però amb els mateixos nombres quàntics gauge. Aquesta extensió del SM proveeix una solució elegant per alguns problemes teòrics del SM, com es el *problema de les jerarquies*.

He aplicat aquestes dos extensions del SM per veure si poden produir nous efectes FCNC. També hem estudiat les signatures experimentals que permetrien descobrir la natura d'aquests bosons de Higgs a l'LHC. En aquest estudi hem aplicat les restriccions severes dels processos FCNC de baixa energia observats, com  $b \rightarrow s\gamma$ .

Els decaïments del quark top i el bosó de Higgs induïts per FCNC hom sap que són esdeveniments extraordinàriament rars al SM. Hem trobat que en el 2HDM els decaïments del quark top a bosons de Higgs,  $t \rightarrow (h^0, H^0, A^0)c$ , poden ser els modes FCNC més afavorits, amb ràtios arribant al nivell detectable ( $10^{-5}$ , for  $h^0$  or  $H^0$ , però no els dos), i un màxim de l'ordre de  $10^{-4}$ . El model més favorable de producció de bosons de Higgs i subseqüent decaïment FCNC és l'estat lleuger CP-parell ( $h^0$ ), seguit de l'altre estat CP-parell ( $H^0$ ), mentre que el mode CP-senar ( $A^0$ ) mai pot ser afavorit suficientment. Els

nostres càlculs mostren que les raons d'embranchament dels estats CP-parell poder arribar a  $10^{-5}$ , i que centenars d'esdeveniments podrien recollir-se a la fase d'alta lluminositat del LHC.

A més a més, hem analitzat les raons d'embranchament màximes pel decaïment del bosons de Higgs neutres del MSSM a quarks bottom,  $h \rightarrow b\bar{s}$  ( $h = h^0, H^0, A^0$ ), donant el màxim al rang  $B(h \rightarrow b\bar{s}) \sim 10^{-4} - 10^{-3}$ . Només les interaccions fortes del sector FCNC ha sigut calculades per que suposem que són les més importants. Aquests càlculs mostren que els modes FCNC  $h \rightarrow b\bar{s}$  poden ser competitius amb altres signatures dels bosons de Higgs i podrien ajudar en la identificació dels bosons de Higgs supersimètrics. També hem analitzat la producció i subseqüent decaïment FCNC dels bosons de Higgs neutres del MSSM a  $tc$  i  $bs$  a l'accelerador LHC,  $pp \rightarrow h \rightarrow t\bar{c}, b\bar{s}$  i  $h \rightarrow t\bar{c}, b\bar{s}$  ( $h = h^0, H^0, A^0$ ). Les ràtios de producció del canal  $bs$  poden ser immenses per a un procés FCNC ( $0.1 - 1$  pb), però la seva detecció pot ser problemàtica. La ràtios de producció del canal  $tc$  són mes modestes ( $10^{-3} - 10^{-2}$  pb), però la seva detecció hauria de ser més fàcil. Uns quants milers d'esdeveniments  $tc$  es podrien recollir a la fase d'alta lluminositat del LHC, sense cap contrapartida en el SM.

La nostra conclusió general es que la física del processos amb canvi de sabor per corrents neutres pot ser molt important per veure la física més enllà del model estandard i per discriminar la natura del model més adequat. Els experiments a l'LHC poder ser crucials per extreure senyals de física amb FCNC més enllà del SM.